



Udvikling af metode til karakterisering af gråt spildevand

Ledin, Anna; Auffarth, Karina Pipaluk Solvejg; Eriksson, Eva; Smith, Morten; Eilersen, Ann Marie; Mikkelsen, Peter Steen; Dalsgaard, A.; Henze, Mogens

Publication date:
2006

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Ledin, A., Auffarth, K. P. S., Eriksson, E., Smith, M., Eilersen, A. M., Mikkelsen, P. S., Dalsgaard, A., & Henze, M. (2006). *Udvikling af metode til karakterisering af gråt spildevand*. Miljøstyrelsen. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning No. 58:2006 <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=/udgiv/publikationer/2006/87-7052-116-6/html/>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Udvikling af metode til karakterisering af gråt spildevand

Anne Ledin, Karina Auffarth, Eva Eriksson, Morten Smith,
Anne Marie Eilersen, Peter Steen Mikkelsen, Anders Dalsgaard
& Mogens Henze

Danmarks Tekniske Universitet

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	6
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	8
SUMMARY AND CONCLUSIONS	10
1 INDLEDNING	14
1.1 BAGGRUND	14
1.2 FORMÅL	15
2 FREMGANGSMÅDE	16
3 KOMPONENTER I GRÅT SPILDEVAND	18
3.1 FYSISKE PARAMETRE	19
3.2 KEMISKE PARAMETRE	19
3.3 METALLER	21
3.4 MILJØFREMMEDE ORGANISKE STOFFER	22
3.5 MIKROORGANISMER	23
3.6 OPSUMMERING	24
4 MILJØFREMMEDE ORGANISKE STOFFER I GRÅT SPILDEVAND	25
4.1 IDENTIFIKATION AF POTENTIelt FOREKOMMENDE MILJØFREMMEDE ORGANISKE STOFFER	25
4.1.1 <i>Potentielle miljøfremmede stoffer</i>	25
4.2 FORBRUG AF HUSHOLDNINGSKEMIKALIER OG PLEJEPRODUKTER	27
4.2.1 <i>Grøn information</i>	27
4.2.2 <i>Det økologiske råd</i>	28
4.2.3 <i>Forbrugerinformationen</i>	28
4.2.4 <i>Arbejds miljøinstituttet</i>	29
4.2.5 <i>Miljøstyrelsen</i>	29
4.2.6 <i>Nordiske studier</i>	31
4.2.7 <i>Sammenfatning</i>	32
4.3 FARLIGHEDSIDENTIFIKATION OG PRIORITERING AF STOFFER	32
4.4 SAMMENFATNING	38
5 METODE TIL KARAKTERISERING AF GRÅT SPILDEVAND	39
5.1 INVENTERINGSMETODE	39
5.1.1 <i>Formål og fremgangsmåde</i>	39
5.1.2 <i>Udvælgelse af lokalitet</i>	40
5.1.3 <i>Registrering af produkter i to trin</i>	40
5.1.4 <i>Aktiviteter og persontimer</i>	41
5.2 MÅLEPROGRAM	41
5.2.1 <i>Formål</i>	41
5.2.2 <i>Fremgangsmåde</i>	41
5.2.3 <i>Valg af relevante analyseparametre i Måleprogrammets trin 1</i>	42
5.2.4 <i>Valg af relevante analyseparametre i Måleprogrammets trin 2</i>	44

6	CASESTUDIE	45
6.1	DEN UDVALGTE LOKALITET - BO-90	45
6.1.1	<i>Grävandsanlæg</i>	46
6.2	MÅLEPROGRAM	48
6.2.1	<i>Måleprogrammet – trin 1</i>	48
6.2.2	<i>Måleprogrammet – trin 2</i>	48
6.2.3	<i>Prøvetagning og analyser</i>	50
6.3	ANALYSER UD OVER MÅLEPROGRAMMET	52
6.3.1	<i>Miljøfremmede organiske stoffer</i>	52
6.3.2	<i>Andre analyser</i>	52
7	RESULTAT - INVENTERINGSMETODEN	54
7.1	BAGGRUNDS INFORMATION	54
7.1.1	<i>Persontimer</i>	55
7.1.2	<i>Aktivitetsskemaer</i>	56
7.1.3	<i>Forbrugsregistrering og vejning</i>	56
7.1.4	<i>Indholdsstoffer</i>	61
8	RESULTAT - MÅLEPROGRAMMET	63
8.1	RESULTATER AF MÅLINGER PÅ INDLØBET TIL ANLÆGGET PÅ BO-90 - MÅLEPROGRAMMET TRIN 1	63
8.1.1	<i>Prøveudtagning og analyser</i>	63
8.1.2	<i>Fysiske og kemiske parametre</i>	63
8.1.3	<i>Metaller</i>	64
8.1.4	<i>Miljøfremmede organiske stoffer</i>	65
8.1.5	<i>Mikrobiologiske parametre</i>	67
8.2	MÅLEPROGRAMMET - TRIN 2	69
8.2.1	<i>Fysiske og kemiske parametre</i>	69
8.2.2	<i>Mikrobiologiske parametre</i>	75
8.2.3	<i>Inhiberingstest for nitrifikation</i>	81
8.2.4	<i>OUR respirationstest</i>	81
8.3	KOMPLEMENTERENDE ANALYSER AF MILJØFREMMEDE STOFFER	84
8.4	SAMMENSTILLING AF RESULTATER	89
9	DISKUSSION	94
10	KONKLUSION	99
11	ORDLISTE	100
12	REFERENCER	102
	 Bilag A	 109
	Bilag B	111
	Bilag C	131
	Bilag D	139
	Bilag E	147
	Bilag F	161
	Bilag G	167
	Bilag H	173
	Bilag I	181
	Bilag J	183

Forord

I de senere år er interessen for at spare på grundvandsressourcen steget. Der er også et ønske blandt myndigheder og græsrodder om at finde metoder til i større omfang at håndtere spildevand lokalt. Det er derfor af stor interesse at undersøge muligheder for at f.eks. bruge gråt spildevand til toiletskyl og tøjvask, og dermed erstatte den del af drikkevandet, som ikke anvendes til drikkevandsformål med sekunda vand og samtidig undgå centraliseret rensning af en del af spildevandet.

Det er nærværende projekts overordnede formål at indsamle information vedrørende indholdet af forureningskomponenter (fysiske og kemiske komponenter, miljøfremmede stoffer og mikroorganismer) i gråt spildevand. Denne information vil udgøre et nødvendigt grundlag i fremtidige vurderinger af lokal håndtering inkl. genbrug af gråt spildevand.

I projektet er to metoder til vurdering af indholdet af forureningskomponenter i gråt spildevand blevet afprøvet. Den ene metode er en traditionel fremgangsmåde med målinger. Den anden metode er en inventering af forbruget af produkter der bidrager til det grå spildevands indhold af forureningskomponenter. Disse metoder evalueres og sammenlignes.

Undersøgelsen er foretaget i perioden 1. Juli 1999 – 31. December 2002 på Miljø og Ressourcer DTU (M&R DTU), Danmarks Tekniske Universitet. Arbejdsgruppen bestod af følgende personer fra M&R DTU:

Anna Ledin, Lektor, Ph.d.
Karina P.S. Auffarth, Forskningsassistent, M.Sc.
Eva Eriksson, Ph.d. studerende, M.Sc.
Ann Marie Eilersen, Forskningsadjunkt, Ph.d.
Morten Smith, Forskningsassistent, M.Sc.
Margrethe Sørensen, Miljøtekniker
Signe Qualmann, Laborant
Peter Steen Mikkelsen, Lektor, Ph.d.
Mogens Henze, Professor, Ph.d.

En række projektstuderende ved M&R DTU samt lektor Anders Dalsgaard, Institut for Veterinær Mikrobiologi, Kongelige Veterinære Landbohøjskole har også deltaget i projektet.

Projektgruppen vil fremføre et tak til beboerne på BO-90 og særligt Nils Juul Larsen for altid at være imødekommende og samarbejdsvillige.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen under "Aktionsplanen til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning. Tema 4: håndtering af regnvand og gråt spildevand" samt af Danmarks Tekniske Universitet.

Projektets styregruppe har bestået af :

Linda Bagge, Miljøstyrelsen
Mogens Kaasgaard, Miljøstyrelsen

Tine Otterström, Miljøstyrelsen
Mogens Henze, Miljø & Ressourcer DTU
Anna Ledin, Miljø & Ressourcer DTU
Peter Steen Mikkelsen, Miljø & Ressourcer DTU
Morten Elle, BYG DTU
Nils Juul Larsen, Beboerforeningen BO-90
Anders Dalsgaard, KVL

Sammenfatning og konklusioner

Gråt spildevand er betegnelsen for den del af det samlede spildevand fra husholdninger, der ikke indeholder fækalier og urin. Interessen for genbrug af gråt spildevand er stigende på internationalt plan, men motiverne er forskellige. Indenfor EU er det motivet om en bæredygtig udvikling der driver interessen. I lande som USA, Spanien, Israel og Australien skyldes interessen for genanvendelse at vandressourcerne er begrænsende, mens motivet i Japan desuden udspringer fra en stor befolkningstæthed.

På grund af gråt spildevands indhold af forskellige forureningskomponenter (partikler, BOD, COD, næringsstoffer, tungmetaller, miljøfremmede organiske forbindelser og mikroorganismer) er det i forbindelse med nogle anvendelsesformål ikke hensigtsmæssigt at genbruge vandet uden forudgående rensning. For eksempel kan indholdet af patogene mikroorganismer udgøre en smitterisiko for brugeren af det grå spildevand, og for personer der kommer i berøring med vandet under håndteringen. Derudover har indholdet af næringsstoffer og mikroorganismer betydning for graden af eftervækst i vandforsyningsinstallationer samt opbevaringsbeholdere. Genbrugsmuligheder, som finder sted udendørs, medfører en fare for forurening af jord og grundvand. I disse tilfælde er det vigtigt at kende indholdet af miljøfremmede stoffer og mikroorganismer, der kan udgøre en risiko. Ud fra et æstetisk synspunkt skal gråt spildevand, der genanvendes være uden farve og lugt. Ovennævnte forhold gør, at det er nødvendigt at vide hvilke stoffer og mikroorganismer gråt spildevand kan indeholde. En karakteristik af gråt spildevand er endvidere væsentlig for at kunne vurdere hvilke rensningsmetoder der skal anvendes og til hvilke formål det grå spildevand kan genanvendes. Gråt spildevand kan f.eks. anvendes til toiletskylning, tøjvask, havevanding, brandbekæmpelse og vask af udendørsarealer.

Projektets overordnede formål har været at indsamle information vedrørende indholdet af forureningskomponenter i gråt spildevand, samt at udvikle en metode til karakterisering af gråt spildevand.

Et literaturstudium viste at den tilgængelige information om sammensætningen af gråt spildevand koncentrerer sig mest om pH, total alkalinitet, SS, organisk stof (BOD, COD), næringsstoffer (N, P og K) samt tungmetaller og i begrænset omfang mikroorganismer. Indholdet af miljøfremmede organiske stoffer stammende fra husholdningskemikalier og hygiejneprodukter ikke er dokumenteret. Endvidere er information vedrørende toksicitet og sundhedsmæssige risici forbundet med de enkelte stoffer i gråvandet såvel som selve gråvandet begrænset. Videre vides der stort set intet om kvaliteten af de primære gråvandstyper, der efter sammenblanding bliver til klassisk gråvand. Der er derfor behov for grundige måleprogrammer til afklaring af gråt spildevands indhold af kemiske forbindelser, mikroorganismer samt dets toksicitet.

Der er i nærværende studie udviklet en metode til undersøgelse af gråvand. Baggrunden er at måleprogrammer har deres begrænsninger. De er dyre at gennemføre, det mangler analysemetoder til mange potentielt forekommende

stoffer, og det kan være svært at udtage repræsentative prøver. Metoden er opbygget af to dele a) inventering og b) målinger. Inventeringsmetoden har til formål at vurdere indholdet af forureningskomponenter ud fra beboernes adfærd, mens måleprogrammet er en kvantitativ måling af indholdet af forureningskomponenter. Metoden er afprøvet på et eksisterende grävandssystem i bebyggelsen BO-90 i København.

Den gennemførte undersøgelse er den første der udover de klassiske parametre også inkluderer en karakterisering af et grävands indhold af organiske miljøfremmede stoffer. Undersøgelsen viser at grävandet fra BO-90 har et gennemsnitligt indhold af klassiske spildevandskomponenter, der ligger indenfor det der tidligere er publiceret i den åbne litteratur. Spildevandsparametrene udviser væsentlige tidsmæssige variationer og for mange forekommer der ekstremværdier der giver store variationsintervaller.

De dominerende kilder til miljøfremmede kemiske forbindelser i gråt spildevand er stoffer, som indgår i kemikalier og andre produkter, der anvendes i husholdningerne, f.eks. vaske- og skyllemidler, opvaskemidler, rengøringsmidler, desinfektions- og blegemidler og afløbsrens, shampoo, balsam og hudcrèmer. I alt er det fremkommet 899 miljøfremmede stoffer, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand. Det var ikke muligt at indhente statistiske oplysninger vedrørende hvilke mængder af husholdningsprodukter der bliver brugt i husholdningerne. Ligesom information vedrørende mængden/koncentrationen af indholdsstoffer i produkterne ikke er tilgængelig.

Der blev gennem en inventering på BO-90 identificeret ca. 70 forskellige produkter som blev brugt i de 17 lejligheds badeværelser. Forbruget var domineret af shampoo, balsam, tandpasta og diverse crème. Der blev registreret 290 forskellige indholdsstoffer i de anvendte produkter. Eksempel på indholdsstoffer er amyloglucosidas (enzym), citronsyre (blødgørere), cocamidpropylbetain (amfoter tensid), EDTA (blødgørere), glycerin (emulgator), laurylsulfat (anionisk tensid), methyl-, ethyl- og propylparaben (konserveringsmidler) og PEG-7-glycerylcocoat (nonionisk tensid).

I den kvantitative screening af grävand fra BO-90 blev der fundet 201 miljøfremmede organiske stoffer, tilhørende grupperne; tensider (eks. LAS, nonylphenol), emulgatorer (eks. 1-Hexadecanol, 1-Octadecanol), duft- og smagstoffer (eks. caffein, camphor, citronellol), konserveringsmidler (eks. benzosyre, butylhydroxytoluen, ethylparaben, triclosan), blødgørere (eks. bis(2-ethylhexyl)phthalat, dibutylphthalat,), UV-filtre (Parasol MCX), opløsningsmidler (eks. 2-hexadecanol, ethylbensen, toluen) etc.

Det blev ikke påvist *Salmonella*, *Campylobacter* og *Legionella* i prøver af hverken ubehandlet eller behandlet, opbevaret grävand. Der synes derfor være en ringe risiko for infektioner med disse smitstoffer ved anvendelse af grävand. Der er i dette projekt ikke undersøgt for virus, da der ikke forelå egnede metoder til påvisning af virus i grävand. Men især forekomsten af virus, afhængigt af grävandstypen, den påtænkte anvendelse og behandlingen, kan udgøre en egentlig sundhedsrisiko.

Undersøgelsen viser at resultatet fra en inventering kan udgøre et godt grundlag for at designe et målrettet og relevant måleprogram. Den viser også tydeligt at målinger fra en enkelt undersøgelse ikke kan ekstrapoleres til grävand generelt. Videre tyder resultaterne på at koncentrationerne af forureningskomponenter i i grävand generelt, er på et niveau der gør at grävand ikke uden videre behandling kan genbruges i husholdninger eller til vanding og nedsivning.

Summary and conclusions

Grey wastewater is wastewater produced in kitchens, showers, hand basins and laundry, e.g. wastewater from households without the toilet included. There is an increasing interest for reuse of grey wastewater in the world, however, the arguments for doing that differs. Sustainable development is the major driving force in EU. The limited water resources due to the climate are the major reason for reuse of grey wastewater in countries like USA, Spain, Israel and Australia, while the high pressure on the water resources due to the high population density is the reason in e.g. Japan.

There is generally a need for treatment of the grey wastewater before it can be reused, where the level of treatment is dependent on the way the water is going to be reused. The reason is the presence of different kinds of pollutants (particles, BOD, COD, nutrients, heavy metals, xenobiotic organic compounds and micro-organisms) in the grey wastewater. Pathogenic micro-organisms may constitute a risk to human health for the user of the reuse wastewater, as well as for those who will come in contact with the water during treatment and transport. The presence of nutrients and micro-organisms are of importance for the level of re-growth in installations for water supply as well as in the storage tanks. There is a risk for pollution of soil and receiving waters if the grey wastewater is going to be used for reuse activities outdoors. Reused grey wastewater should also be without any smell and colour, due to esthetical reasons. Consequently, there is a need for knowledge regarding the presence and quantities of chemical compounds and micro-organisms that may constitute a risk or that potentially can cause some kind of problem. Knowledge of the characteristics of the grey wastewater is also needed in order to select the best method for treatment as well as a suitable reuse purpose. Toilet flushing, laundry, irrigation, fire protection, washing of out door areas, infiltration and creation and protection of recreational areas are examples of reuse possibilities.

The overall aims of this project were to collect information regarding the presence and quantities of pollutants in grey wastewater, and to develop a method for characterisation of grey wastewater.

A literature survey showed that the present knowledge regarding the presence and the quantities of pollutants in grey wastewater is restricted to measurements of pH, total alkalinity, SS, organic matter (BOD, COD), nutrients (N, P and K), and heavy metals. There are some studies that have included micro-organisms in their monitoring programs. Studies' including xenobiotic organic compounds originating from household chemicals and hygiene products are lacking. Information regarding toxicity and health risk related to the individual pollutants as well as the grey wastewater as such, is also limited. Furthermore, knowledge is lacking regarding the quality of the primary grey wastewater types (kitchen, bathroom excl. toilet, laundry), since most studies are focusing on the mixture; classical grey wastewater. Consequently, there is an urgent need for well-defined broad monitoring programs, in order to obtain the information needed regarding the content of chemical compounds and micro-organisms, as well as the toxicity of the grey wastewater.

Most monitoring programs have a number of limitations. They are expensive to carry out, there is lack of analytical methods for analysing many of the potentially present compounds, and it is generally difficult to take representative samples. This is why a methodology for characterisation of grey wastewater has been developed within the present study. The method has two parts a) an inventory and b) measurements. The aim of the inventory is to evaluate the content of pollutants in the grey wastewater, from the behaviour of the people producing the water. The monitoring program is quantitative measurements of the content of pollutants. The methodology was tested on an existing grey wastewater reuse plant in a residence building; BO-90 in Copenhagen.

The present study is the first study that has included xenobiotic organic compounds in the monitoring program, besides the classical monitoring parameters. The study shows that the grey wastewater produced at BO-90, contains pollutants in concentrations within the same concentrations ranges as published from other similar studies in the open literature. The concentrations of the classical wastewater parameters vary as a function of time. A number of extreme values were observed, which results in wide concentration ranges for several of the measured parameters.

Compounds present in household chemicals and other products used in the households, e.g. washing powders, softeners, dishing and cleaning agents, disinfectants and bleaching products, drain cleaners, shampoos, conditioners and skin products, are the dominating source for xenobiotic organic compounds in the grey wastewater. Potentially can 899 different xenobiotic organic compounds be present in grey wastewater, according to the present study. It was not possible to get statistical information regarding neither the quantities of household chemicals used in Denmark, nor the quantities of different compounds in the individual households chemicals.

The inventory performed at BO-90 showed that approximately 70 different household products are used in the bathrooms in the 17 apartments. The dominating products were shampoo, hair conditioner, toothpaste and different skin crèmes. In total 290 compounds was registered in the products that were used. For instance, amyloglucosidase (enzyme), citric acid (softener), cocamidpropylbetaine (amphoteric surfactant), EDTA (softener), glycerine (emulgator), laurylsulphate (anionic surfactant), methyl-, ethyl- and propylparabene (conservation agent) and PEG-7-glycerylcocoate (nonionic surfactant).

In total 201 xenobiotic organic compounds were found in the quantitative measurements of grey wastewater from BO-90. The groups represented were; surfactants (e.g. LAS, nonyl phenol), emulgators (e.g. 1-Hexadecanol, 1-Octadecanol), flavours (e.g. caffeine, camphor, citronellal), conservation agents (e.g. benzoic acid, butylhydroxytoluene, ethylparabene, triclosane), softeners (e.g. bis(2-ethylhexyl)phthalate, dibutylphthalate.), UV-filters (Parasol MCX), solvents (e.g. 2-hexadecanol, ethylbensene, toluene) etc.

There were no positive observations of *Salmonella*, *Campylobacter* or *Legionella* in the samples of untreated, as well as treated and stored grey wastewater from BO-90. This indicates that there are limited risks for infections from these bacteria when grey wastewater is reused. There were, unfortunately no measurements for virus included in the study, since there

were no suitable analytical methods available. However, virus may constitute a health risk, depending on the type of grey wastewater as well as the reuse strategy and selected method for treatment.

Finally, the study showed that the results obtained from an inventory will constitute an excellent basis for design of a focused and relevant monitoring program. It became also clear that results from single measurements cannot be extrapolated to grey wastewater in general. Furthermore, the results indicates that pre-treatment will be needed before reuse of grey wastewater in households or for irrigation or groundwater recharge, since the concentrations of pollutants in the grey wastewater are too high.

1 Indledning

1.1 Baggrund

Gråt spildevand er den del af det samlede spildevand fra husholdninger, der ikke indeholder fækalier og urin. Det grå spildevand stammer hovedsageligt fra tre kilder; badeværelser (brusebad og håndvask), køkkenet (opvask og opvaskemaskiner) og vask af tøj (vaskemaskiner). Spildevand fra industrier indgår ikke i betragtningerne omkring gråt spildevand. Generelt defineres det som den lavest belastede spildevandsstrøm set i forhold til indholdet af organisk stof og næringsstoffer (nitrogen og fosfor; Henze og Ledin, 2001).

Interessen for genbrug af gråt spildevand er stigende på internationalt plan, men motiverne er forskellige. Indenfor EU er det motivet om en bæredygtig udvikling der driver interessen, hvilket bl.a. fremgår af formuleringen i et af direktiverne: "Treated wastewater shall be reused whenever appropriate. Disposal routes shall minimize the adverse effects on the environment" (ECC, 1991). I lande som USA, Spanien, Israel og Australien skyldes interessen for anvendelse at vandressourcerne er begrænsende på grund af store tørke områder, mens motivet i Japan udspringer fra en stor befolkningstæthed.

På grund af gråt spildevands indhold af forskellige forureningskomponenter (fysiske og kemiske komponenter, tungmetaller, miljøfremmede organiske forbindelser og mikroorganismer) er det i forbindelse med nogle anvendelsesformål ikke hensigtsmæssigt at genbruge vandet uden forudgående rensning. For eksempel vil indholdet af patogene mikroorganismer udgøre en smitterisiko for brugeren af det grå spildevand, og for personer der kommer i berøring med vandet under håndteringen. Derudover har indholdet af næringsstoffer og mikroorganismer betydning for graden af eftervækst i vandforsyningsinstallationer samt opbevaringsbeholdere. Ud fra et æstetisk synspunkt skal gråt spildevand, der genanvendes være uden farve og lugt. Ovennævnte forhold gør, at det er nødvendigt at vide hvilke stoffer og mikroorganismer gråt spildevand kan indeholde. En karakteristik af gråt spildevand er endvidere væsentlig for at kunne vurdere hvilke rensningsmetoder der skal anvendes og til hvilke formål det grå spildevand kan genanvendes. Gråt spildevand kan f.eks. anvendes til toiletskylning, tøjvask, havevanding, brandbekæmpelse og vask af udendørsarealer. Genbrugsmulighederne, som finder sted udendørs, medfører en fare for forurening af jord og grundvand. I disse tilfælde er det vigtigt at kende indholdet af miljøfremmede stoffer og mikroorganismer, der kan udgøre en risiko.

Den tilgængelige information om sammensætningen af gråt spildevand koncentrerer sig mest om pH, total alkalinitet, SS, organisk stof (COD/BOD), næringsstoffer (N, P og K) samt tungmetaller og i begrænset omfang mikroorganismer, mens indholdet af miljøfremmede organiske stoffer stammende fra husholdningskemikalier og hygiejneprodukter er meget sparsomt dokumenteret (Eriksson et al., 2002A). Endvidere er information vedrørende toksicitet og sundhedsmæssige risici forbundet med de enkelte stoffer i gråvandet såvel som for selve gråvandet begrænset. Der er derfor behov for

grundige måleprogrammer til afklaring af gråt spildevands indhold af forskellige kemiske forbindelser og mikroorganismer og dets toksicitet.

Det forventes, at den dominerende kilde til miljøfremmede kemiske forbindelser i gråt spildevand er stoffer, som indgår i kemikalier og andre produkter, der anvendes i husholdningerne, f.eks. vaske- og skyllemidler, opvaskemidler, rengøringsmidler, desinfektions- og blegemidler og afløbsrens, shampoo, balsam og hudcrèmer. I denne sammenhæng er det nødvendigt at tage i betragtning, at sammensætningen af det grå spildevand kan variere betydeligt mellem husholdninger.

For at kunne designe en god metode for karakterisering af gråt spildevand, er der et behov for at indsamle detaljeret information omkring, hvilke miljøfremmede organiske stoffer der indgår i de ovennævnte husholdningskemikalier, hvilke effekter stofferne kan have i miljøet, og hvilke forandringer stofferne undergår i forskellige typer af behandlingsanlæg som f.eks. bundfældningstanke og biologiske filtre.

Derudover er der behov for undersøgelser, der dokumenterer betydningen af beboernes sammensætning og levevis (f.eks. alderssammensætningen og forbrug af husholdningskemikalier) for indholdet af stoffer i det grå spildevand. Undersøgelser af den art er en nødvendig forudsætning for, at fremtidige kampagner der igangsættes, med henblik på at ændre folks adfærdsmønstre for at mindske indholdet af forurenende/problematiske stoffer i gråt spildevand, er effektive.

1.2 Formål

Projektets overordnede formål er:

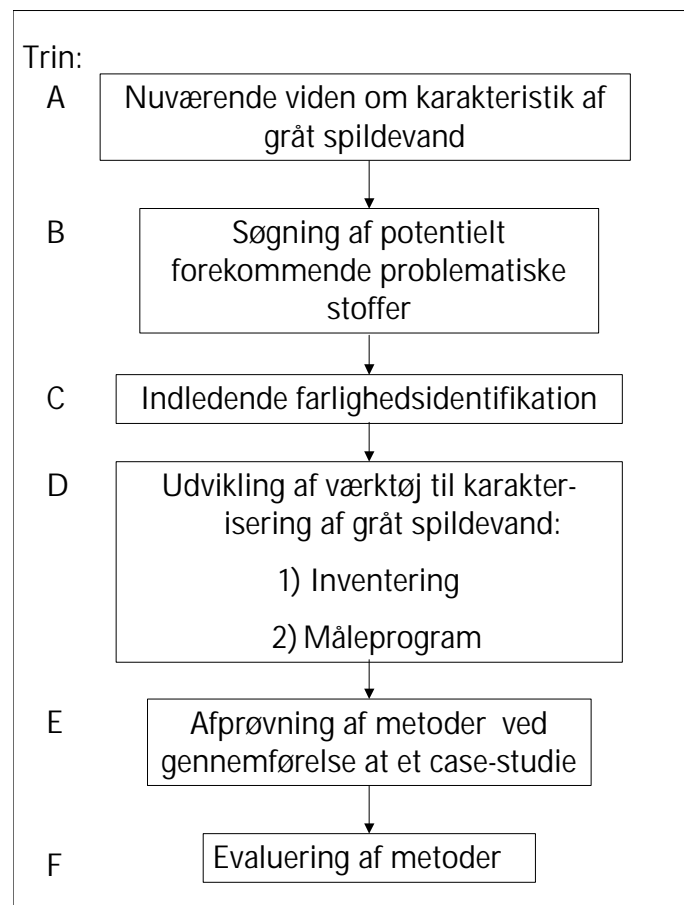
- at indsamle information vedrørende indholdet af forureningskomponenter i gråt spildevand. Med forureningskomponenter menes i dette sammenhæng generelle fysiske og kemiske parametre inkl. tungmetaller, miljøfremmede stoffer samt mikroorganismer.
- at udvikle en metode til karakterisering af gråt spildevand.

Disse to overordnede formål kan deles op i følgende fire delmål:

- "State-of-the-art"; Vidensopsamling om indholdet af forureningskomponenter i gråt spildevand fra litteraturen. Herunder en vurdering af hvilke komponenter der kan komme til at udgøre et problem ved anvendelse af opsamlet gråvand til toiletskyl, tøjvask m.m..
- Udvikling og udførsel af en metode til vurdering af indholdet af miljøfremmede stoffer i gråt spildevand ud fra beboernes adfærd; **inventeringsmetoden**.
- Udvikling og udførsel af et måleprogram for fysiske, kemiske og mikrobiologiske forureningskomponenter i gråt spildevand; **måleprogrammet**
- Vurdering af om inventeringsmetoden kan bruges til at reducere antallet af parametre der skal indgå i måleprogrammet, eller helt kan erstatte gennemførelsen af et måleprogram.

2 Fremgangsmåde

For at opfylde projektets formål var en fremgangsmåde i 6 trin valgt (Figur 2.1). Indledningsvis er den eksisterende viden om karakteristik af gråt spildevand blevet kortlagt (trin A, kapitel 3), derefter er der foretaget en søgning af hvilke stoffer, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand (trin B, kapitel 4). Eksisterende viden om forbrugsmønstre er blevet indsamlet og bearbejdet. Udenlandske og danske undersøgelser er blevet bearbejdet. Der er blevet trukket på viden fra en række danske aktører, bl.a. Grøn Information og Forbrugerstyrelsen, der har indsamlet viden om danskernes forbrug af forskellige produkter. Desuden er en række indholdsdeklarationer fra vilkårlig udvalgte produkter, der tilfører stoffer til gråt spildevand, blevet undersøgt.



Figur 2.1 projektets/undersøgelsens fremgangsmåde

Under trin C er der foretaget en farlighedsidentifikation (kapitel 4.3) af de organiske stoffer, der er fundet under trin B. Dvs. stoffer der potentielt kan forekomme i gråt spildevand. Til farlighedsidentifikationen er en række relevante kemiske og økotoxikologiske data/egenskaber bearbejdet og resultatet heraf er en prioritering af stofferne i forhold til deres farlighed overfor det akvatiske miljø.

Trin D "Udvikling af værktøj til karakterisering af gråt spildevand" består af udvikling af to metoder:

1. En inventeringsmetode (kapitel 5.1) og
2. Målinger på gråt spildevand (kapitel 5.2).

Inventeringsmetoden er en metode til kortlægning af forbruget af produkter inkl. indholdsstoffer, der bidrager til det grå spildevands indhold af bl.a. miljøfremmede organiske forureningskomponenter. **Måleprogrammet** gennemføres i to trin, hvor der foretages en bred screening af stoffer i gråvand fra en udvalgt lokalitet i det første trin (Måleprogrammet - Trin 1 – kapitel 5.2), der danner grundlaget for en generel karakteristik af gråt spildevand. Herefter er et mere specifikt måleprogram blevet udarbejdet; Måleprogrammet - Trin 2 (kapitel 5.2).

Efter udviklingen af værktøj for karakterisering af gråt spildevand under trin D, afprøves de to metoder ved udførelse af et casestudie (Trin E, kapitel 6 og 7). Som et ekstra supplement i forbindelse med evaluering af værktøjet er der gennemført yderligere målinger på gråt spildevand (kapitel 8). Der er dels analyseret for organiske miljøfremmede stoffer, og dels målt på en række kemiske og fysiske parametre (Figur 2.2.).

Til sidst evalueres disse metoder under trin F (kapitel 8 og 9). Det vurderes om inventeringsmetoden kan anvendes til at reducere antallet parametre der skal indgå i et måleprogram, eller helt kan erstatte et måleprogram.

Kvartal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
År	1999		2000				2001				2002			
Aktivitet														
Måleprogrammet s Trin 1					X									
Måleprogrammet s Trin 2										X	X			
Komp. Analyser af XOCs					X									
Studerter projekter		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

Figur 2.2 Gennemførende af måleprogrammets forskellige dele.

3 Komponenter i gråt spildevand

Dette kapitel sammenfatter stoffer og mikroorganismer, der tidligere er blevet undersøgt samt deres tilhørende koncentrationsintervaller. Ved en grundig litteraturgennemgang er det søgt at karakterisere gråt spildevand. Artikler og rapporter m.m. publiceret i den åbne litteratur fra 1980 –2001 suppleret med få referencer af ældre dato, der omhandler gråt spildevand, er blevet gennemgået. Der er yderligere på Internettet blevet søgt efter rapporter og tilsvarende.

Kvaliteten af gråt spildevand afhænger af tilskuddet fra tre hovedkilder til komponenter i vandet. For det første selve kvaliteten af vandet fra vandforsyningen, derpå selve distributionsnettet (herunder kemiske og biologiske processer samt ind-/udsvivning af utætte rør) og for det tredje af de aktiviteter i husholdningerne, der er skyld i stoftilførslen fra husholdningskemikalier, hygiejneprodukter og levnedsmidler. Da de tre forskellige kilder varierer fra sted til sted og fra tid til tid, vil sammensætningen af det grå spildevand ligeledes være steds- og tidsafhængig. Videre kan de aktiviteter der foregår i husholdningerne inddeles i tre forskellige typer, dvs. om det grå spildevand er produceret i badeværelse, køkken eller i vaskemaskine. Fundne data er videre blevet inddelt i tre kategorier efter stedet, hvor det grå spildevand er produceret i husholdningen.

Generelt ses det, at antallet af undersøgelser er få. Der er for eksempel kun fundet seks studier for fysiske parametre i gråt spildevand fra badeværelser og vaskemaskiner;), og fire for gråvandet fra køkkener. (Præcist hvor mange undersøgelser som er fundet vedrørende hver enkelt parameter er givet i tabel 3.1-3.5. De fleste undersøgelser er foretaget i Danmark, Sverige og USA, men også nogle få i Tyskland og Australien (Almeida et al., 1999; Burrows et al., 1991; Christova-Boal et al., 1996; Günther, 2000; Hargelius et al, 1995; Laak, 1974; Nolde, 1999; Rose et al., 1991; Shin et al., 1998; Siegrist et al., 1976; Surendran and Wheatley, 1998). Data for parametre er opdelt i fysiske parametre, kemiske parametre, metaller, miljøfremmede organiske stoffer og mikrobiologiske parametre. Endvidere er der suppleret med oplysninger fra Henze og Ledin (2001) vedrørende fysiske parametre og indholdet af stoffer/mikroorganismer i moderat koncentreret husspildevand.

Foruden de nedenfor gennemgåede resultater fra litteraturundersøgelsen er der fundet data fra 9 undersøgelser, som det ikke var muligt at inddele efter stederne: badeværelse, køkken og vaskemaskine, fordi gråvandet var af blandet oprindelse (Albrechtsen, 1998; Fittschen og Niemczynowicz, 1997; Gerba et al., 1995; Hargelius et al., 1995; Hypes, 1974; Jeppesen, 1993; Rose et al., 1991; Santala et al., 1998; Sheikh, 1993).

Det volumen vand der bliver produceret er også forskelligt på de tre produktions steder (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 vandforbrug i københavnske husholdninger i 1989 og 2002.

Kilde	Vandmængde (liter/person og dag) ¹ 1989	Vandmængde (liter/person og dag) ¹ 2002
Bad, personlig hygiejne	60	45
Toiletskyl	45	33
Tøjvask	22	16
Opvask og rengøring	17	13
Drikkevand og madlavning	12	9
Øvrigt	12	9
I alt	168	125

¹Københavns Energi, 2003

3.1 Fysiske parametre

Fysiske parametre som suspenderet stof og turbiditet vil give en idé om indholdet af partikler i det grå spildevand. Dette vil have betydning for risikoen for f. eks. tilstopning af filter ved behandling af spildevandet. Temperaturen har betydning for vækstbetingelserne for mikroorganismer og dermed også for evnen at nedbryde organisk materiale.

Indholdet af suspenderet stof er større i gråt spildevand fra køkkener end fra badeværelser og vaskemaskiner, hvilket skyldes tilførslen af organisk materiale fra mad samt jord og sand ved skylning af frugt og grøntsager etc (Tabel 3.2). Det største indhold af suspenderet stof fundet i gråvand fra køkkener (1300 mg/l) er desuden større end indholdet i almindeligt husspildevand (300 mg/l).

Temperaturen af gråt spildevand fra badeværelser og vaskemaskiner favoriserer væksten af mikroorganismer (optimal temperatur for mikroorganismer er på 20 – 42°C) .

Tabel 3.2 Fysiske parametre. Koncentrationer i mg/l, hvor der ikke er oplyst andet.

Parametre	Litteratur interval, bade- værelse ¹	Litteratur interval, køkken ¹	Litteratur interval, vaske- maskine ¹	Husspildevand, moderat ²
Antal undersøgelser	6	4	6	-
Fysiske parametre:				
Suspenderet stof (mg/L)	48-120	134-1300	79-280	300
Turbiditet (NTU)	20-370	-	14-296	-
Temperatur (°C)	18-38	-	28-32	-

1. Eriksson et al., 2002A

2. Henze og Ledin, 2001

3.2 Kemiske parametre

pH af gråt spildevand har også betydning for mikroorganismernes vækstbetingelser og dermed deres evne til at omsætte organisk materiale.

Samtidig fortæller pH noget om, hvilke biologiske og kemiske processer der kan finde sted i vandet.

BOD og COD anvendes traditionelt som et mål for de organiske iltforbrugende forbindelser i vand. Et lavt iltindhold i gråt spildevand, der er forårsaget af et stort iltforbrug i forbindelse med nedbrydningen af organisk materiale, kan give lugtgener i form af ildelugtende hydrogensulfid. Derfor bestemmes sulfat og sulfid indholdet generelt i spildevand.

Nitrogen og fosfor er næringsstoffer for mikroorganismer. Næringsstofferne er essentielle for mikroorganismers vækst og kan give anledning til uønsket vækst af mikroorganismer i dannet gråvand så vel som i rensningsanlæg og vandforsyningsinstallationer. Men næringsstofferne skal også være der for at give forudsætninger for en aktiv biofilm til nedbrydning af organisk materiale. Stofferne tilføres det grå spildevand via husholdningskemikalier og madrester samt forurening af urin- og fækaler.

Mange almindeligt forekommende mikroorganismer i spildevand har optimal pH på 6-9, og der er derfor gode vækstbetingelser for mikroorganismer i gråt spildevand fra badeværelser og køkkener (se tabel 3.3). Den elektriske ledningsevne er i nogle tilfælde større i gråvand fra badeværelser og vaskemaskiner end for husspildevand generelt. Dette kan forklares med at en væsentlig kilde til ioner i spildevandet er de kemikalier som bliver brugt i f.eks. husholdningernes rengøringsprodukter.

Tabel 3.3 Kemiske parametre

Parametre	Litteratur interval, badeværelse	Litteratur interval, køkken	Litteratur interval, vaskemaskine	Husspildevand, moderat ²
Antal undersøgelser	8	7	7	-
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
PH	5-8,1	6,3-7,4	9,3-10	7,8
Elektrisk ledningsevne (25 °C µS/cm)	82 – 20000	-	190-1400	1000
BOD	76-200	-	48-380	380
Opløst oxygen	0,4-4,6	2,2-5,8	-	-
Sulfid	-	-	-	0,100
COD	280 - 8000	26-1600	375	530
Ammoniak (NH ₃ -N)	<0,1-25	-	<0,1-3,47	30
Nitrat (NO ₃ -N)	0-4,9	0,2-23,0	0,4-0,6	0,5
Sulfat	12-40	-	-	-
Tot-N	0,6-7,3	13-60	6-21	50
Tot-P	0,11-2,2	3,1-10	0,062-57	16

1. Eriksson et al., 2002A

2. Henze og Ledin, 2001

Også COD er i nogle tilfælde større i gråvand fra badeværelser og køkkener end for almindeligt husspildevand. BOD ligger på samme niveau som for husspildevand og i nogle tilfælde lavere. Indholdet af ammoniak i gråvand er generelt lavere end i husspildevand, mens indholdet af nitrat kan være større i

gråvand. Indholdet af total-kvælstof og total-fosfor i gråt spildevand varierer meget (eks. 0,062-57 mg P/l i vand fra vaskemaskiner). Total-kvælstof i gråvand fra badeværelser og vaskemaskiner er mindre end i husspildevand, mens det kan være større i gråvand fra køkkener. Lignende ses for total-fosfor, men her er det dog indholdet af total-P i gråvand fra vaskemaskiner (pga. indholdet af fosfor i nogle typer af vaskemidler), der er større end husspildevandets indhold af total-P.

3.3 Metaller

Generelt vil indholdet af metaller afhænge af vandkvaliteten fra det vandværk som råvandet (postevandet) stammer fra, men metaller kan også være afgivet fra vandforsyningsinstallationer (eks. Cu og Zn) og de kan stamme fra forskellige produkter, der anvendes under brugen af vandet. Metallerne kan være medvirkende til at det grå spildevand får en farve, som udfra et æstetisk synspunkt er uønsket. Samtidig kan metallerne udfælde som belægninger i installationer.

Indholdet af metaller holder sig på samme niveau i de tre typer af gråt spildevand med få undtagelser. Den maksimale aluminiumskoncentration er på 21 mg/l fra vaskemaskiner (Tabel 3.4). Kaliumindholdet ligger i intervallet 19-59 i køkkenvand, hvilket svarer til ca. en faktor 10 i forhold til de to andre typer gråvand. Natriumindholdet i gråvand fra badeværelse er lavere end i gråvand fra køkkener og vaskemaskiner. Det forhøjede natrium- og kaliumindhold i gråvand fra køkkener og vaskemaskiner skyldes indholdet af salt i mad og i afioniseringsprodukter til opvaskemaskiner, samt som modion til opvask-/vask tensider.

Det ses af tabel 3.4, at indholdet af tungmetaller (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn) i nogle tilfælde ligger langt over, hvad der er fundet i almindeligt husspildevand. Årsagen til det store indhold af tungmetaller i gråvandet kan skyldes vandforsyningsinstallationer eksempelvis kobberrør, der afgiver metal.

Tabel 3.4 Tungmetaller og andre grundstoffer

Parametre	Litteratur interval, badeværelse	Litteratur interval, køkken	Litteratur interval, vaskemaskine	Husspildevand, moderat ²
Antal				
Undersøgelser	2	2	5	-
Grundstoffer:	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Aluminium (Al)	<1,0-1,0	0,67-1,8	<0,1-21	0,65
Barium (Ba)	0,032	0,028	0,019	-
Calcium (Ca)	3,5-21	13-30	3,9-14	-
Jern (Fe)	0,34-1,40	0,6-1,2	0,29-1,0	1
Magnesium (Mg)	1,4-6,6	3,3-7,3	1,1-3,1	-
Kalium (K)	1,5-6,6	19-59	1,1-17	-
Silicium (Si)	3,2-4,1	-	3,8-49	-
Natrium (Na)	7,4-21	29-180	44-480	-
Strontium (Sr)	-	-	-	-
Tungmetaller:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Arsen (As)	<38	<38	<38	3

Cadmium (Cd)	<10	<7	<38	2
Chrom (Cr)	36	<25-72	<25	25
Cobolt (Co)	<12	<13	<12	1
Kobber (Cu)	60-120	68-260	<50-270	70
Bly (Pb)	<63	<62-140	<63	65
Mangan (Mn)	61	31-75	29	100
Kviksølv (Hg)	<0,3	<0,3-0,47	2,9	2
Nikkel (Ni)	<25	<25	<25	25
Zink (Zn)	10-6300	0,7-1800	90-440	200
Antimon (Sb)	-	-	-	-

1. Eriksson et al., 2002A

2. Henze og Ledin, 2001

Antallet af undersøgelser for metaller i gråt spildevand fra badeværelser, køkkener og vaskemaskiner er generelt meget få (2-5) og for mange af metallernes vedkommende er detektionsgrænserne desuden forholdsvis høje, eksempelvis for arsen, hvor der angives at indholdet var lavere end 38 µg/l (tabel 3.4). De forholdsvis høje detektionsgrænser indikerer endvidere at man i de studier som er fundet i litteraturen ikke har vurderet det nødvendigt at måle tungmetaller på et lavt niveau, ellers vil man have forventet at man havde valgt en anden analysemetode, med en lavere detektionsgrænse.

3.4 Miljøfremmede organiske stoffer

De miljøfremmede organiske stoffer tilføres gråt spildevand primært via husholdnings- og hygiejneprodukter.

Tensider er vaskeaktive stoffer i vaskepulver, shampoo, skyllemidler, rengøringsmidler samt hygiejneprodukter. Tensider kaldes også for detergentter samt vaskeaktive og overfladeaktive stoffer. De kan inddeles i fire grupper; anioniske, nonioniske, kationiske og amfotere. De tilsættes produkterne for at nedsætte overfladespændingen i vaskevand, således at fedt og snavs løsner sig og holder sig opløst i vaskevandet. På grund af deres evne til at opløse fedt og proteiner er de giftige for vandmiljøet.

Blegemidler som f.eks. hypoklorit findes i vaskemidler, for vha. oxidation at nedbryde farvede forbindelser og derved få tøj til at se rent (hvidt) ud.

Farvestoffer er tilsat udelukkende for at fremme udseendet af husholdnings- og hygiejneprodukter, ligesom parfume og smagsstoffer tilsættes for at skjule andre ildelugtende eller dårligt smagende tilsætningsstoffer og give forbrugeren et indtryk af renhed.

Emulgatorer tilsættes produkter for at stoffer, der ikke er vandopløselige, kan blandes. De er typisk karakteriseret ved polære og nonpolære stoffer, som f.eks. en langkædet fedtsyre og den tilhørende alkohol.

Konserveringsmidler er tilsat husholdnings- og hygiejneprodukter for at forhindre mikrobiel vækst i produkterne og derved øge deres holdbarhed. Da stofferne i denne gruppe er giftige overfor skimmelsvampe og bakterier, kan de antages også at være giftige for vandlevende organismer og dyr, og skadelige overfor de biokemiske processer i rensningsanlæg.

De blødgørende indholdsstoffer kaldes også kompleksdannere eller kalkbindere og tilsættes for at hindre metalioner og kalk i at hæmme effektiviteten af tensiderne.

Opløsningsmidlerne tilsættes for at opløse organiske stoffer i vandbaserede husholdnings- og hygiejneprodukter.

I tabel 3.5 er der kun angivet koncentrationer for detergenter og fedtsyrer i spildevand. Der er under gennemgangen af litteratur m.m. ikke fundet data for miljøfremmede organiske stoffer i gråt spildevand, hvilket hænger sammen med, at der ikke tidligere er undersøgt for stofferne.

Tabel 3.5 Miljøfremmede organiske stoffer

Parametre	Litteratur interval, badeværelse	Litteratur interval, køkken	Litteratur interval, vaske-maskine	Husspildevand, moderat ²
Antal undersøgelser	1	0	0	-
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Detergenter	d	-	-	10 mg LAS/l
Fedtsyrer (n-C ₁₀ -n-C ₁₈)	d	-	-	45

d: detekteret

1. Eriksson et al., 2002A

2. Henze og Ledin, 2001

3.5 Mikroorganismer

Vand der anvendes i husholdninger må ikke indeholde patogene mikroorganismer, da de medfører en smitterisiko for brugerne af vandet. Mikroorganismerne kan tilføres gråt spildevand ved håndvask efter toiletbesøg, afvaskning under badning, afvaskning af babyer og små børn ved bleskift eller ved direkte urinering i badet. Traditionelt analyseres for tilstedeværelsen af *E. coli* og coliforme bakterier. *E. coli* anvendes som en indikation for en eventuel smitterisiko. Det samlede antal bakterier (kimtal) undersøges generelt fordi det siger noget om bakteriers generelle vækstbetingelser.

Der er kun blevet undersøgt for få mikroorganismer i gråt spildevand (coliforme bakterier, *E. coli*, *Campylobacter*, *Pseudomonas aeruginosa* og *Salmonella*). Der er fundet et højt antal af coliforme bakterier og *E. coli* i gråt spildevand fra badeværelser og køkkener (tabel 3.6). Antallet af undersøgelser har dog været begrænset.

Tabel 3.6 Mikrobiologiske parametre

Parametre	Litteratur interval, badeværelse ¹	Litteratur interval, køkken ¹	Litteratur interval, vaskemaskine ¹	Husspildevand, moderat ²
Antal undersøgelser	8	2	6	-
	antal/100 ml	antal/100 ml	antal/100 ml	antal/100 ml
Kimtal v. 22,0°C	-	-	-	-

Kimtal v. 37,0°C	-	-	-	-
Total coliforme*	70 – 2,810 ⁷	-	56 – 8,910 ⁵	10 ¹³ /10 ¹¹
E.coli*	3,210 ⁷	1,310 ⁵ – 2,510 ⁸	8,310 ⁶	510 ⁸ /10 ⁶
Campylobact	-	-	i.d	-
Pseudomonas				
aeruginosa	i.d	-	-	-
Salmonella bakt.	i.d	-	i.d	-

i.d: ikke detekteret

:- ikke målt

¹ Meget forurennet/lidt forurennet spildevand

1. Eriksson et al., 2002A

2. Henze og Ledin, 2001

3.6 Opsummering

Det fremgår af tabellerne 3.2-3.6, at vand fra badeværelser er den kilde der er mindst belastet med forurenende stoffer og den kilde, hvor der forbruges den største mængde drikkevand under produktionen af gråvand (tabel 3.1).

Derfor er det grå spildevand fra badeværelserne også mindre forurennet end vand fra de andre kilder.

Videre er antallet studier med fokus på karakterisering af gråt spildevand relativt lille, især i forhold til forekomst af organiske miljøfremmede stoffer, hvor der ikke er nogle kvantitative informationer i litteraturen. Det gør at den planlagte karakterisering i nærværende projekt er af stor værdi.

4 Miljøfremmede organiske stoffer i gråt spildevand

I dette kapitel gennemgås hvad der potentielt kan findes af stoffer i gråt spildevand, hvad vores forbrug af husholdningskemikalier og plejeprodukter er og endeligt hvilke af stofferne der er farlige, og hvor farlige er de.

4.1 Identifikation af potentielt forekommende miljøfremmede organiske stoffer

For at undersøge hvilke miljøfremmede organiske stoffer, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand blev der foretaget en gennemgang af litteratur og databaser samt en registrering af stoffer opført i produktdeklarationer af husholdningskemikalier og plejeprodukter i Danmark og Sverige. Det er dog kun stoffer i koncentrationer over 1 %, der er med på stofflisten på husholdningskemikalier og plejeprodukter i Danmark (Miljø- og Energiministeriet, 2000A/).

4.1.1 Potentielle miljøfremmede stoffer

I alt er der fundet 899 miljøfremmede organiske stoffer, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand. Stofferne kan inddeles i 14 forskellige grupper efter, hvilket formål de er blevet tilsat et husholdnings- og/eller et hygiejneprodukt (se tabel 4.1). Nogle stoffer har flere formål og kan placeres i mere end en gruppe, men her er de dog kun blevet placeret et sted. For andre stoffer er det uvist med hvilket formål de er tilsat produkterne, de er derfor placeret i gruppen "blandet".

Tabel 4.1 Stofgrupper fundet i husholdningskemikalier og hygiejneprodukter i Danmark (Bilag B og Eriksson et al., 2002a)

Stofgruppe	Antal stoffer i grupperne
Amfotere tensider	20
Anioniske tensider	73
Kationiske tensider	34
Non-ioniske tensider	65
Blegemidler	16
Farvestoffer	26
Emulgatorer	28
Enzymer	4
Duft- og smagsstoffer	197
Konserveringsmidler	79
Blødgørere	29
Opløsningsmidler	67
UV-filtre	23
Blandet	238
<i>Total</i>	<i>899</i>

I bilag A findes en liste over søgeord, der er anvendt i litteratur og database samt Internet søgningerne. Resultatet af gennemgangen findes i bilag B, hvor stofferne er placeret i de 14 forskellige grupper. Hvis det har været muligt at finde cas-nr. for et stof, er dette angivet i bilaget. Cas-nr. kan hjælpe med at finde data for stoffernes egenskaber til farlighedsidentifikationen.

Den største gruppe af stoffer i tabel 4.1 består af overfladeaktive stoffer, som findes i detergenter, produkter til opvaskemaskiner og hygiejne produkter. Dernæst kommer gruppen af duft- og smagsstoffer (197), konserverings- og opløsningsmidler (hhv. 79 og 67 stoffer).

Blandt de amfotere detergenter er der fundet stoffer som amphoglycinater, lauroamphodiacetater og en række betainer og sultainer som f.eks. alkylamidopropylbetain/-sultain.

I gruppen "anioniske detergenter" findes blandt andet LAS, alkoholethersulfat (FES), alkoholsulfat (FAS), alkylethersulfat (AES) og fedtsyrer.

Benzylkoniumklorid, cocamid DEA, cocamid MEA, cocamid MIPA, DADMAC, kvartenære esterforbindelser, quarternium og guarderivat er nogle af de kationiske detergenter der er fundet.

Der er fundet alholethoxylater (AEO), glycoler og glycolethere, en række alkylerede forbindelser som alkylglycosid og alkylphenolethoxylat, nonylphenol, og polyethylenglycoler (PEG) blandt de mange nonioniske detergenter.

Til gruppen "blegemidler" hører eddikesyre, perborater og TAED. De fleste stoffer i denne gruppe er der fundet et cas-nr. for.

Der er fundet cas-nr. for samtlige farvestoffer. Hver farvestof er kun fundet i en reference. Gruppen indeholder C.I. pigment 60, C.I. Acid Blue 9 diammoniumsalt, 4-chloranilin og 3,3'-dichlorbenzidin.

Som emulgatorer i husholdnings- og hygiejneprodukter anvendes bl.a. polyethylenglycoler (PEG), carbomer og cetylalkohol.

Der er fundet fire enzymer i husholdnings- og hygiejneprodukter. De fire enzymer er amylase, amyloglucosidase, glucoseoxidase og protease.

I gruppen parfumer og smagsstoffer der indeholder 197 stoffer har det været muligt at finde cas-nr. til næsten alle stofferne. Eksempler på nogle af de mere kendte stoffer er caffein, citronellal, citrus nobilis, d-camphor, fyrrenåleolie, kamilleekstrakt og menthol.

Blandt de fundne konserveringsmidler findes parabener (methyl-, ethyl- og butyl-), DMDM hydantoin, formaldehyd, ascorbinsyre og triclosan. I denne gruppe er der også fundet cas-nr. til næsten alle stoffer.

Af fundne blødgørere kan nævnes citronsyre, NTA og EDTA (blødgørere af vand) samt nogle phthalater (DBP, DEP, DNP og DnOP) (plastik blødgørere) som er nogle af de mere kendte af stofferne. Næsten alle stofferne i gruppen "blødgørere" er der fundet cas-nr. for.

I gruppen "opløsningsmiddel" findes chlorerede ethaner (eks. 1,1,1-trichlorethan), acetone, alkaner (propan, butan, heptan, hexan, oktan og dekan), phenoler, alkoholer, xylen, toluen, urea og trichlorfluorethan.

Eksempler på UV-filtre der anvendes i kropsplejeprodukter er 4-aminobenzosyre (PABA), benzoephon-3 og 4-methylbenzylidin camphor.

Mange af de stoffer der blev fundet at være i husholdning- og hygiejneprodukter, men som ikke kunne placeres i en af de 13 foregående grupper, er der ikke fundet cas-nr. for. Et par eksempler på stoffer i denne gruppe er acrylnitril, aminomethylpropanol, borax, DEA-cetylfosfat, collagen, hydroxystearyl, laureth-3 og steareth-21.

4.2 Forbrug af husholdningskemikalier og plejeprodukter

Der er gennemført nogle få studier med fokus på kortlægning af brugen af husholdningsprodukter, der bidrager til miljøfremmede organiske stoffer i gråt spildevand. I det følgende gennemgås disse studier og ligeledes omtales hvorledes det nærværende projekt adskiller sig fra disse tidligere studier på området.

4.2.1 Grøn information

Institutionen Grøn Information har i Danmark gennemført en række undersøgelser i forbindelse med kortlægning af forbruget af vaske- og rengøringsmidler i de private husholdninger (Grøn Information, 2000). I Danmark bruges årligt mere end 11 mio. tons kemikalier, hvoraf 3 mio. tons forbruges i de private husholdninger. Det skønnede forbrug af kemikalier i danske husholdninger fremgår af tabel 4.2.

Det er især rengøring og tøjvask, der kræver mange kemikalier. Når alt regnes med, bruges der i Danmark ca. 250.000 tons kemikalier fordelt på mere end 1.200 forskellige kemiske stoffer til rengøring og tøjvask (Grøn Information, 2000).

Tabel 4.2 Oversigt over det skønnede forbrug af kemikalier i danske husholdninger, fordelt på produktgrupper, (kilde: Grøn Information, 2000).

Produktgruppe	Skønnet forbrug [tons/år]
Opvaskemidler	6.000
Maskinopvaskemidler	4.000
Sæbe (fast og flydende)	3.000
Shampoo og balsam	6000 m ³ /år
Skyllemiddel	10.000
Vaskepulver	40.000

Endvidere er der foretaget en vurdering af stofindholdet i den kosmetik, der blev anvendt i Danmark i 1998. 400 produkter er blevet undersøgt og der er fundet mere end 500 forskellige kemiske stoffer. På den baggrund har Grøn Information udarbejdet en liste, der giver en kortfattet introduktion til de mange stoffer, hvad de bruges til og deres miljø- og sundhedsmæssige egenskaber/effekter - når oplysningerne herom har kunnet fremskaffes. I de tilfælde hvor det ikke har været muligt at finde oplysninger om de pågældende

stoffer, er de blevet gruppevis vurderet ud fra deres kemiske struktur og "slægtskab" med andre kendte stoffer (Grøn Information, 2000)..

Efterhånden som der er dukket nye informationer op er listen blevet opdateret. Det er muligt via Grøn Informations hjemmeside (www.greeninfo.dk) at finde informationerne i listen vedrørende forskellige stoffer i kosmetik.

4.2.2 Det økologiske råd

I 1998 arbejdede det økologiske råd på en rapport omkring husholdningskemikalier og spildevand i Danmark (Bukhave, 1998b). Denne rapport indeholder en gennemgang af sammensætningen af husholdningskemikalier, mht. tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer. Ligeledes gives der en vurdering af hvilke miljøeffekter de miljøfremmede stoffer besidder. Der gennemførtes ikke nogen form for inventering på husholdningsprodukter i dette studie, men en miljøvurdering af de stoffer, der vides at indgå i produkterne (Bukhave, 1998b). Resultatet af undersøgelsen er en liste over stoffer der er giftige, bioakkumulerbare og ikke nedbrydes let i naturen. Listen omfatter; tensider inklusive lineære alkylbenzensulfonater (LAS) og alkylphenolethoxylater (APEO), hårdhedsreducerende stoffer (EDTA, VTA og fosfonater), blegemidler (perborater og hypoklorit), konserveringsmidler (isothiazolinonforbindelser, triclosan, cetrimonium bromid, imidazolidinyl urea og bromnitropropandiol) og blødgørere (di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) og diisononylphthalat (DINP)).

4.2.3 Forbrugerinformationen

Forbrugerinformationen har en hjemmeside på Internettet (www.renthjem.dk), hvor der kan findes information omkring indholdsstoffer i husholdningsprodukter og en miljøvurdering af hovedparten af stofferne. I Forbrugerinformationens testlaboratorium gennemføres løbende tests på husholdningsprodukter, der findes på det danske marked. Bl.a. er der blevet gennemført et studie i forbruget af håndsæber (både flydende og faste) hos danske forbrugere. Studiet gransker forskellige oplysninger omkring de undersøgte produkter (mængder, priser, deklareret indhold og pH) og giver en vurdering af den dagligt forbrugte mængde, fordelt på mænd og kvinder. Studiet giver ikke en vurdering af mængden af indholdsstoffer i det enkelte produkt (Albrechtsen et al., 1998).

Forbrugerinformationen har desuden undersøgt det gennemsnitlige forbrug af forskellige husholdningskemikalier i en enkelt familie (Toft et al., 1996). Resultatet af denne undersøgelse fremgår af tabel 4.3. I undersøgelsen blev der i alt undersøgt 81 kemiske husholdningsprodukter. Produkternes giftighed blev vurderet ud fra en miljøvurdering af indholdsstofferne og et skøn af forbrugte mængder.

Tabel 4.3: Gennemsnitligt forbrug af diverse husholdningskemikalier i en dansk familie, (Toft et al., 1996).

Produktgruppe	Forbrug [kg/år]
Tekstilvaskemidler (10% AEO, 7,5% AS, 1% fosfonater)	15,4
Hårplejemidler og brusebadssæbe (10% AES, 2,5% BET, 1,5% FAA)	7,9
Universalrengøring (2% LAS, 3% anion tensid, 5% nonion tensid)	5
Håndsæbe (1% EDTA)	3,4

Toilettrens (2% KAT, 2% LAS)	3,3
Skurepulver (5% AEO, 5% LAS)	2
Håndopvaskemiddel (28% anionisk tensid, 8% nonionisk tensid, 1% amfotert tensid)	1,4
Klorin (5% Na-hypoklorit)	0,75
Afspændingsmiddel (15% AEO)	0,5

Forkortelserne i tabellen findes forklaret i ordlisten (kapitel 11)

4.2.4 Arbejdsmiljøinstituttet

Arbejdsmiljøinstituttet har i en undersøgelse kortlagt forbruget af vaske- og rengøringsmidler i erhvervsmæssig sammenhæng, (Arbejdsmiljøinstituttet, 1994). De indhentede oplysninger fra denne undersøgelse er registreret i PROBAS og gælder for 1986.

Kortlægningen indeholder oplysninger om kemiske stoffer og produkter. Stof- og produktgrupper gennemgås samt hvilke brancher de forskellige produktgrupper benyttes i. Udgangspunktet for kortlægningen var Miljø- og energiministeriets Bek. nr. 726 af 13/11-1987, der havde til formål efterfølgende at kunne kortlægge forbruget af vaske- og rengøringsmidler samt indholdsstoffer i Danmark. Der skulle således dannes et overblik over forbruget af vaske- og rengøringsmidler samt en detaljeret viden om, hvilke kemiske stoffer der indgik i disse produkter.

Registreringen omfattede 1281 forskellige kemiske stoffer i 2567 produkter, herunder 409 overfladeaktive stoffer, 133 opløsningsmidler, 114 farvestoffer og 100 pH-regulerende stoffer. De 10 hyppigste indholdsstoffer var vand, natriumchlorid, natriumsulfat, tetranatriumsaltet EDTA, natriumhydroxid, kokosfedtsyrediethanolamid, natriumlaurylethersulfat, nonylphenoethoxylat (forgrenet), natriumkarbonat og kaliumhydroxid. De 10 mængdemæssigt mest forekommende dvs. forekommende i mere end 4.425 tons var vand, natriumsulfat, pentanatriumtriphosphat, natriumhypochlorit, natriumperoxyborat-tetrahydrat, natriumsilikat, natriumkarbonat, natriumphosphat, alifatiske kulbrinter og natriumhydroxid.

Det skal bemærkes at denne undersøgelse kun omfatter forbrug i erhvervsmæssig sammenhæng og at man siden kortlægningen er gået over til at bruge flere flydende og kompakte vaskemidler i stedet for pulverprodukter, samt at fosfater i mange tilfælde er blevet erstattet af andre stoffer. Der er desuden indgået aftaler om at afvikle brugen af nogle af de meget miljøbelastende stoffer herunder de overfladeaktive stoffer nonylphenoethoxylater samt nogle kationiske detergenter.

4.2.5 Miljøstyrelsen

I Danmark er det Miljøstyrelsen der kontrollerer og fører tilsyn med kemiske stoffer og produkter, for at sikre at den gældende lovgivning overholdes. Miljøstyrelsen er også ansvarlige for kontrol med kemiske stoffer i forskellige produktgrupper, som dog reguleres af andre ministerier.

Databasen PROBAS er lavet som et samarbejde mellem Arbejdsministeriet og Miljøstyrelsen. PROBAS (administreres af Arbejdstilsynet under Arbejdsministeriet) indeholder oplysninger om produkter, samt forbruget af vaske- og rengøringsmidler der anvendes i erhvervsmæssig sammenhæng, Registreringen dækker handelsnavnet af produktet samt navnet på

importøren/producenten. Importører og producenter har ikke pligt til at oplyse om produkternes sammensætning, i følge Miljøstyrelsens regler vedrørende registrering af produkter, derfor finder en sådan registrering ikke automatisk sted. Da det er produkter til erhvervsmæssig brug kan databasen således ikke give noget billede af forbruget af vaske- og rengøringsmidler samt hygiejneprodukter i danske husholdninger. Der kan heller ikke skaffes oplysninger om forbruget af indholdsstoffer i disse produkter fra databasen.

Miljøstyrelsen foretog i et projekt i 1990 (Hansen og Busch, 1990) en undersøgelse af forbruget af vaske- og rengøringsmidler i danske husholdninger. Undersøgelsen er foretaget på baggrund af oplysninger fra Danmarks Statistik og forespørgsler til en række af udvalgte brancheforeninger, virksomheder og forhandlere af relevante produkter. Resultatet af denne undersøgelse fremgår af tabel 4.4. Det totale forbrug af husholdningskemikalier lå i 1990 på omkring 2,6 mio. tons/år.

Tabel 4.4: Forbruget af husholdningskemikalier i Danmark (Hansen og Busch, 1990).

Produktgruppe	Skønnet forbrug, undergruppe [tons/år]	Skønnet totalforbrug, hovedgruppe [tons/år]
Universalrengøringsmidler (omfatter: universalrengøringsmidler, og en række andre typer af rengøringsmidler: flise- og vinduespudsemidler m.v., toiletrensemidler, ovnrengøringsmidler samt tæpperensmidler)		
Deraf:		
Toiletrensemidler	2.000	
Ovnrengøringsmidler	200	60.000
		50.000 –
Vaskemidler		60.000
Desinfektions- og blegemidler		50.000
Soda		50.000
Tekstilskyllemidler		12.000
Denatureret sprit (100 % opløsning)		11600 m ³ /år
Håndopvaskemidler		8.000
		6.000 –
Maskinopvaskemidler		8.000
Brunsæbe og sæbespån		
Brunsæbe	3.200	
Sæbespån	1.200	4.400
Salmiakspiritus (vandig opløsning)		4.400
Skuremidler		1.500
Afspændingsmidler til maskinopvask		400 – 500
Rense- og pletfjerningsmidler		200 - 300
Afløbsrensemidler		50 – 150
Friskluftsspray		60 - 70
Desinfektions- og duftblokke til toilet og lign.		5

Det bemærkes at de angivne mængder vedrører produktmængder. Der er ikke foretaget en opgørelse af de enkelte stoffer i produkterne. Ved opgørelsen er

der således ikke taget hensyn til at visse produkter forekommer i forskellige fortyndinger. Dette har betydning ved en evt. vurdering af produktgruppernes miljømæssige effekter.

4.2.6 Nordiske studier

I en norsk undersøgelse (Tryland et al, 1991) er der foretaget en kortlægning af den forbrugte mængde af vaske- og rengøringsmidler pr. person/år i en række europæiske lande (jfr. tabel 4.5). Derudover er forbruget i Norge forsøgt vurderet særskilt ved at opdele det i forskellige stofgrupper (jfr. tabel 4.6).

Tabel 4.5 Forbruget af vaske- og rengøringsmidler i nogle europæiske lande i 1982 (Tryland et al. 1991).

Land	Forbrug [kg/person/år]
Danmark	26,5
Tyskland	26,4
Schweiz	22,3
Sverige	20,7
Holland	19,1
Italien	18,5
Østrig	18,0
Norge	16,8
Finland	11,2

Som det fremgår af tabel 4.5 lå Danmark øverst på listen over forbruget af vaske- og rengøringsmidler (opgjort som kg/person/år) i forskellige europæiske lande i år 1982. Årsagen til dette skal søges i at Danmark har det hårdeste vandforsyningsvand blandt de anførte lande.

Tabel 4.6: Forbrugsdata for tensider i vaske- og rengøringsmidler i Norge i 1989 (Tryland et al. 1991).

Stofgruppe/stof	Forbrug tons/år
Lineære	
Anioniske tensider:	alkylbenzensulfonater, LAS 3500
	Alkylethersulfater, FES 90
	Alkoholethoxylater, AEO
Nonioniske tensider:	Alkylphenolethoxylater, 2000
	APEO 260
Amfotere tensider:	100
Kationiske tensider (undtagen blødgørere):	ca. 20
Blødgørere (DSDMAC, kationisk):	ca. 380

Som det fremgår af tabel 4.6 var de lineære alkylbenzensulfonater (LAS) dominerende på det norske marked i 1989. Denne stofgruppe er senere hen blevet udfaset og fjernet fra markedet.

En svensk rapport fra 1996 "Kemikalier i badrummet" omfatter følgende undersøgelser (Funeteg, 1996):

1. En undersøgelse af forbruget af forskellige rengørings- og plejeprodukter i tre badeværelser. Her angives produkttype, produktnavn, volumen af

produktet (pr. enhed, eks. 50 ml), indkøbsår, hvor hyppigt produktet anvendes, estimeret forbrug pr. år og indholdsstoffer (ikke registreret for samtlige produkter).

Et eksempel på en registrering er; Deodorant, Axe, 50 ml pr. produkt, indkøbt 1996, anvendes regelmæssigt og årsforbruget estimeres til ca. 200 ml.

Omkring 100 produkter blev registreret på denne måde i undersøgelsen.

2. En undersøgelse af forbruget af forskellige rengørings- og plejeprodukter i syv badeværelser. Her er angivet de samme parametre som i foregående undersøgelse med undtagelse af angivelse af indholdsstoffer.
3. En alfabetisk ordnet liste med beskrivelsen af forskellige indholdsstoffers egenskaber. Indholdsstofferne svarer til de stoffer der er fundet i den første undersøgelse.
4. En alfabetisk ordnet gennemgang af indholdsstoffer i kosmetiske produkter. Stof struktur, anvendelsesområde, toksicitet og biologisk nedbrydelighed gennemgås. Der afsluttes med en miljøvurdering af stofferne.

Den samlede undersøgelse giver en nuanceret vurdering af badeværelsens bidrag til husholdningernes miljøpåvirkning. Undersøgelsen har ikke resulteret i en fuldstændig opgørelse af koncentrationer af indholdsstoffer i de anvendte produkter, eftersom sådanne oplysninger ikke var tilgængelige.

4.2.7 Sammenfatning

Sammenfattes erfaringerne fra tidligere studier på området, må det konkluderes at en fyldestgørende viden omkring forbrugte mængder af husholdningsprodukter, indholdsstoffer samt mængden/koncentrationen af disse, ikke er tilgængelig.

Ligeledes åbner den eksisterende viden ikke op for en kobling mellem inventering på husholdningsprodukter og en kemisk karakteristisk af gråt spildevand. Der er lavet nogle opgørelser over et skønnet forbrug af forskellige husholdningsprodukter i Danmark, men indholdsstofferne i de enkelte produkter blev ikke kortlagt.

4.3 Farlighedsidentifikation og prioritering af stoffer

For de miljøfremmede stoffer der potentielt kan være tilstede i gråt spildevand, blev der søgt oplysninger om stoffernes egenskaber. Der blev indsamlet data vedrørende stoffernes octanol-vandfordelingskoefficient, for at vurdere hvorvidt et stof potentielt er bioakkumulerbart, data for toksicitet, samt bionedbrydelighed og eventuelt risiko klassificering. Endelig blev der foretaget en prioritering af hvilke stoffer der kan forventes at være mest skadelige for miljøet.

Miljømæssige data for de potentielle stoffer er fundet i artikler, opsalgsværker og databaser (Bundesinstitut für Risikobewertung, 2002; Chemical Health and Safety Data database, 2001; European Commission, 2000; Fragranced Products Information Network, 2000; Hazardous Substances Data Bank, 2000; SIGMA-ALDRICH Technical library, 2000; Syracuse Research Corporation databaser, 2000-2001; U.S. EPA, 2001; Damborg, 1994; Bennick et al., 1996; Herren og Berset, 2000; Karlström og Östman, 1993;

Karsa, 1995; Miljøstyrelsen, 1998A; Miljøstyrelsen, 2001; Madsen og Larsen, 1998; Madsen og Pedersen, 1998; Madsen og Rud, 1998; Miljøstyrelsen, 1998B; Miljøstyrelsen, 1999; Miljøstyrelsen, 1993; Miljøstyrelsen, 1991; Molander og Moraes, 1998; NOVA, 2003; Rieppen, 2001; Roth, 1999; Stache, 1979; Stalmans et al., 1993; Strangfeld, 1997; Svensson, 1994; Swedmark, 1986; Verschueren, 1996; VCH, 1998.)

Der blev søgt data for følgende egenskaber:

- $\log K_{ow}$: Octanol-vandfordelingskoefficienten udtrykker et stofs fordeling mellem en vand- og en octanolfase. Den kan bruges til at bestemme bioakkumulerbarheden af et stof; $\log K_{ow} \geq 3$ medfører at stoffet betegnes som potentielt bioakkumulerbart. Stoffer med $\log K_{ow} \geq 3$ vil binde stærkt til organisk materiale f.eks. i sedimenter og spildevandsslam.
- BCF: Biokoncentrationsfaktoren udtrykker forholdet mellem stoffekonzentration i en organisme og det omgivende miljø. Et stof regnes for potentielt bioakkumulerbart, når $BCF > 100$ l/kg (Pedersen et al., 1995).
- Bionedbrydelighed: Et stof der nedbrydes fuldstændig (mineraliseres) under tilstedeværelse af ilt, er aerobt nedbrydeligt. I farlighedsidentifikationen er stoffers nedbrydelighed vurderet ud fra OECD-test, hvor en nedbrydning på 90 % eller derover betegner stoffet som aerobt nedbrydeligt. Selv om et stof er 90 % nedbrydeligt, kan dets nedbrydningsprodukter have miljøbelastende egenskaber. Resultater fra simuleringstests anvendes også, fordi nedbrydningen under disse testmetoder er foretaget under forhold tæt på det naturlige miljø i spildevand eller naturlige overfladevand.
- Klassificering og EC/LC₅₀ værdier: Stoffer der er farlige for miljøet klassificeres med R50, R51 eller R52 alene eller i en kombination med R53, eller udelukkende med R53 (Miljø- og Energiministeriet, 1993) Mærkningernes definition for miljøfarlighed fremgår af tabel 4.7.

Tabel 4.7: Definitioner af mærkningerne for miljøfarlighed (Madsen og Rud, 1998).

Mærkning	Risikosætning
N; R50-53	Meget giftig for organismer, der lever i vand; kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet. $1 \text{ mg/l} \geq *EC/LC_{50}$ Stoffet er ikke let nedbrydeligt eller $\log K_{ow} \geq 3,0$ medmindre $100 \geq BCF$
N; R50	Meget giftig for organismer, der lever i vand. $1 \text{ mg/l} \geq *EC/LC_{50}$
N; R51-53	Giftig for organismer, der lever i vand; kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet. $1 \text{ mg/l} < *EC/LC_{50} \leq 10 \text{ mg/l}$ Stoffet er ikke nedbrydeligt eller $\log K_{ow} \geq 3,0$ (medmindre $100 \geq BCF$)
R52-53	Skadelig for organismer, der lever i vand; kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet. $10 \text{ mg/l} < *EC/LC_{50} \leq 100 \text{ mg/l}$ Stoffet er ikke nedbrydeligt
R52	Skadeligt for organismer, der lever i vand.
R53	Kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet.

* Akut toksicitet overfor fisk, dafnier og alger.

Det fremgår af tabellen, at stoffers toksicitet har en afgørende rolle for klassificeringen af stoffer, derfor undersøges det, hvilke EC/LC₅₀-værdier for vandlevende organismer (akut toksicitet for fisk, dafnier og alger), der er fundet for de organiske stoffer.

Ud fra farlighedsidentifikationen er der foretaget en prioritering af stofferne i det omfang der var fundet tilstrækkelig med stofdata. De prioriteter som stofferne kunne tildeles er beskrevet i tabel 4.8 Den højeste prioritet (prioritet 1) gives stoffer, som har den største skadelige virkning set ud fra en miljømæssig betragtning. "Worst-case-princippet" er blevet anvendt i de tilfælde, hvor der er fundet forskellige oplysninger for stoffernes egenskaber. Af bilag B fremgår det hvilke miljøfremmede organiske stoffer, som det var muligt at prioritere.

I prioriteringskriterierne i tabel 4.8 indgår miljøfareklassificeringen (tabel 4.7) gældende indenfor EU (Pedersen et al., 1995). Derudover forudsættes det i prioriteringen, at bionedbrydelighed kan betragtes som positivt for miljøet. Det vil sige, at der ikke tages hensyn til metabolitter med uhensigtsmæssige effekter på miljøet, som f.eks. stoffer der er mere giftig end udgangsstofferne. Denne forudsætning er gjort både af hensyn til overskueligheden, men også fordi ikke alle nedbrydningsprodukter og disses miljøeffekter er kendte.

Tabel 4.8 Beskrivelse af kriterium for prioriteringen

Prioritet	Beskrivelse af kriterium for prioriteringen
1	Ikke bionedbrydeligt. Potentiel bioakkumulerbar, BCF > 100 og logK _{ow} > 3. EC/ LC ₅₀ < 1 mg/l. N; R50/53
2	Bionedbrydeligt. Potentiel bioakkumulerbar, BCF > 100 og logK _{ow} > 3. EC/ LC ₅₀ < 1 mg/l. N; R50/53
3	Bionedbrydeligt. Ikke potentiel bioakkumulerbar, BCF < 100 og logK _{ow} < 3. EC/ LC ₅₀ < 1 mg/l. N; R50
4	Ikke bionedbrydeligt. 1 mg/l < EC/ LC ₅₀ < 10 mg/l. N; R51/53
5	Bionedbrydeligt. Potentiel bioakkumulerbar, BCF > 100 eller log K _{ow} > 3. 1 mg/l < EC/ LC ₅₀ < 10 mg/l. R51/53
6	Ikke bionedbrydeligt. 10 mg/l < EC/ LC ₅₀ < 100 mg/l. R52/53
7	Bionedbrydeligt. Ikke potentiel bioakkumulerbar, BCF < 100 og log K _{ow} < 3. 1 mg/l < EC/ LC ₅₀ < 10 mg/l.
8	Aerobt og anaerobt bionedbrydeligt. Ikke potentiel bioakkumulerbar, BCF < 100 og log K _{ow} < 3. EC/ LC ₅₀ > 100 mg/l.

I det følgende beskrives, hvorledes farlighedsidentifikationen er gennemført ved hjælp af tre stoffer. De tre stoffer stammer fra hver deres stofgruppe (tabel 4.1) og har som følge af deres egenskaber fået forskellige prioriteter. Af tabel 4.9 fremgår det hvilke data der er fundet for de tre stoffer og deraf deres miljømæssige forskellighed.

Tabel 4.9 Datagrundlag for tre udvalgte stoffer som illustration af metodik brugt ved prioritering af miljøfremmede organiske stoffer

Stof	Log K_{ow}	BCF [l/kg]	Mikrobielt nedbrydelig	Aerob nedbryd.	Anaerob nedbryd.	Potentiel bioakk.	EC/LC ₅₀ [mg/l]	Klassificering	Prioritet
Di-(2-ethylhexyl)phthalat	>3	>100	Langsomt	JA	NEJ	JA	0,1 - 6,2	N; R50/53	1
Laural	>3	>100		NEJ		JA	5,9 - 12,3	N; R51/53	4
TAED	<3		?	JA	JA	NEJ	>100	~	8

Blødgøreren Di-(2-ethylhexyl)phthalat kan nedbrydes langsomt under aerobe forhold, men ikke under anaerobe forhold. Stoffet har en biokoncentrationsfaktor (BCF) > 100 l/kg, hvilket er det samme som $\log K_{ow} > 3$ (tabel 4.9), derfor vil det ophobes i vandlevende organismer som f.eks. fisk. Stoffet klassificeres i følge Miljø- og Energiministeriet (1991) som meget giftig for organismer, der lever i vand, da stoffet kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet. Dette fremgår desuden af stoffet toksicitet (0,1 – 6,2 mg/l). Sammenlignes disse egenskaber med definitionerne for de forskellige prioriteter i tabel 4.8 og et "worst-case-princippet", så vil stoffet få prioritet "1" og betragtes som et af de mest skadelige stoffer overfor vandmiljøet.

På samme måde foretages en farlighedsidentifikation af duftstoffet Laural (Hydroxymethylpentylcyclohexencarboxaldehyd). Forskellen mellem Laural og Di-(2-ethylhexyl)phthalat er, at laural ikke kan nedbrydes aerobt, mens der ikke er fundet oplysninger om stoffets nedbrydelighed under anaerobe forhold. Derudover er Laural mindre giftig overfor vandlevende dyr end blødgøreren, da dets EC/LC₅₀-værdier er 5,9-12,3 (tabel 4.9). Stoffet har altså en mindre skadelig virkning på vandmiljøet og vil efter prioriteringen i tabel 4.8 få prioritet "4".

Et af de stoffer der er fundet ikke at besidde nogle af de her nævnte negative egenskaber er blegemidlet TAED (tetraacethylethylenamin). Stoffet nedbrydes under aerobe og anaerobe betingelser, det er ikke bioakkumulerbart ($\log K_{ow} < 3$) og med dets EC/LC₅₀ værdi > 100 mg/L er det ikke giftigt overfor vandlevende organismer. Stoffet har derfor fået den lempeligste prioritet (prioritet "8") (tabel 4.9).

Ud af de 899 miljøfremmede organiske stoffer, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand, var det muligt at foretage en farlighedsidentifikation for 210 stoffer, dvs. 23,4%.

De miljøfremmede organiske stoffer, der fik en af de tre højeste prioriteter (1-3) er vist i tabel 4.10. Det er i alt 65 stoffer, som har fået prioritet 1-3. Heraf er der otte amfotere tensider, ti anioniske tensider, syv kationiske tensider, ni nonioniske tensider, fem blegemidler, seks parfumer og smagsstoffer, fem konserveringsmidler, syv blødgørere, syv opløsningsmidler og endelig 2-

Probennitril kategoriseret under andre stoffer. Blandt de stoffer, der har fået højest prioritet findes fire kationiske tensider, to nonioniske tensider, et blegestof, fire konserveringsmidler, fire blødgørere, et opløsningsmiddel, og et stof tilhørende gruppen "duft- og smagsstoffer".

Generel er stofferne blevet prioriteret meget forskelligt indenfor hver stofgruppe. I de to stofgrupper "enzymmer" og "UV-filtre" var det ikke muligt at foretage farlighedsidentifikationer.

For omkring 40 % af detergenterne (amfotære tensider, anioniske tensider, kationiske tensider og nonioniske tensider) var det muligt at lave en farlighedsidentifikation af. Herunder blev fire kationiske tensider (benzalkoniumchlorid, N-hexadecyltrimethylammoniumchlorid, DHTDMAC og DSDMAC) og to nonioniske tensider (alkylphenoethoxylater og nonylphenol) prioriteret "1". Derudover blev et blegemiddel (3,3'-dichlorbenzidin), en parfume (hexyl cinnamic aldehyd), fire konserveringsmidler (bromopol, bronidox, 5-chlor-2-methyl-4-isotiazilin-3-on og imidazolidinyl urea), fire blødgørere (bis-(2-ethylhexyl)phthalat (**DEPH**), diisononylphthalat (**DNP**), ethylendiamintetramethylen fosfat (**EDTMP**) og fosfonater) og et opløsningsmiddel (heptan) prioriteret "1"; et af de mest skadelige stoffer overfor vandmiljøet.

Tabel 4.10 Prioritering af miljøfremmede organiske stoffer.

Stofgruppe	Stof	Prioritet	Stofgruppe	Stof	Prioritet
Amfotære tensider	Cocamidopropylbetain	2	Blegemidler	3,3'-Dichlorbenzidin	1
	Alkylamidbetainer	3		4,4'-Methylenbis(2-chlorbenzenamin)	2
	Alkylamidopropylbetainer	3		o-Aminoazotoluen	2
	Alkylbetainer	3		Benzidin	3
	Amidopropylbetainer	3		o-Anisidin	3
	Amphoglycinater	3		Hexyl cinnamic aldehyd	1
	Lauriminodipropionater	3		AHTN	2
Anioniske tensider	Lauroamphodiacater	3	Konserveringsmidler	HHCB	2
	α-Methylestersulfonat	2		Styren	2
	α-Olefinsulfonat	2		Benzen-1,3-diol	3
	Alkylbenzensulfonater	2		p-Cresol	3
	Sulfonater	2		Bromopol	1
	Alkansulfonat	3		Bronidox	1
	Alkylethersulfater	3		5-chlor-2-methyl-4-isotiazilin-3-on	1
	Alkylsulfater	3		Imidazolidinyl urea	1
	Alkylsulfosuccinater	3		Quaternium-15	3
	Isotridecanol ethoxylater	3		Bis-(2-ethylhexyl)phthalat (DEPH)	1
Kationiske tensider	Panthenol	3	Blødgørere	Diisononylphthalat (DNP)	1
	Benzalkoniumchlorid	1		Ethylendiamintetramethylen fosfat (EDTMP)	1
	N-Hexadecyltrimethylammoniumchlorid	1		Fosfonater	1
	DHTDMAC	1		Dibutylphthalat (DBP)	2

Nonioniske tensider	DSDMAC	1	Opløsning smidler	Diethylphthalat (DEP)	3
	DTDMAC	2		Nitrilotriacetisk syre (NTA)	3
	Alkyltrimethylammonium	3		Heptan	1
	DADMAC	3		1,2,4-Trichlorbenzen	2
	Alkylphenoethoxylater (APEO)	1	Andre stoffer	Diethanolamin	3
	Nonylphenol (NPE)	1		Ethanolamin	3
	Alkolethoxylater (AEO)	2		Isopropanol	3
	Alkylamidethoxylater	2		Phenol	3
	Alkylaminethoxylater	2		Xylen	3
	Fedt alkoholer (EO/PO) polymere	2		2-Propennitril	3
	Fedt alkohol ethoxylater (AEO)	2			
	Kokosfedtsyre diethanolamid	2			
	Ethylen glycol	3			

Under de anioniske tensider findes der en række fedtsyrer og fedtsyre alkoholer, som har fået prioritet "8" (eks. kokosfedtsyre og fedtsyrealkohol (C16-20)). Derudover findes der fire andre tensider med prioritet "8"; PEG-15 cocopolyamin, PEG-fedtsyreestere (EO: 5-30), polysorbater (EO=20) og propylenglykol, som alle er nonioniske detergenter. Omkring halvdelen af de prioriterede tensider er prioriteret "1-4" blandt andet alkylamidobetainer (prioritet "3"), LAS (prioritet "2"), DADMAC (prioritet "3"), alkolethoxylater (prioritet "2"), nonylphenol (prioritet "1") og nonylphenoethoxylater (prioritet "4").

Alle blegemidler, som det var muligt at foretage en prioritering af fik prioritet "8". Dette er dog ikke ensbetydende med at alle blegemidler vil prioriteres "8", men afhænger udelukkende af stoffernes miljømæssige egenskaber.

Otte farvestoffer kunne prioriteres; 2,2'-dichlor-4,4'-methylendianilin (prioritet "2"), 3,3'-dichlorbenzidin (prioritet "1"), 4-chloranilin (prioritet "5"), 4-methyl-m-phenyldiamin (prioritet "4"), benzidin (prioritet "3"), o-aminoazotoluen (prioritet "2"), o-ansidin (prioritet "3") og o-toluidin (prioritet "7").

Cetylalkohol, oleylalkohol og polyvinylpyrrolidon (PVP) blev som de eneste af emulgatorerne prioriteret ud fra deres miljømæssige egenskaber. Cetylalkohol og oleylalkohol fik begge prioritet "8", mens polyvinylpyrrolidon blev prioriteret "6".

Selvom der blev fundet cas-nr. for næsten alle duft- og smagsstoffer, var det kun 24 ud af 197 (12 %) stoffer, der kunne laves en farlighedsidentifikation af. 22 af disse stoffer fik en prioritet mellem "1" og "4", mens de sidste to stoffer (2-phenylethanol og benzylacetat) fik hhv. prioritet "8" og "7".

Det ser anderledes ud for konserveringsmidlerne og blødgørerne, hvor der også blev fundet cas-nr. til næsten alle stoffer. Her var det muligt at foretage prioriteringer af mange stoffer. 59 % af de prioriterede konserveringsmidler og 58 % af de prioriterede blødgørere blev givet en prioritet mellem "5" og "8". Fem konserveringsmidler (2-brom-2-nitropropan-1,3-diol, 5-brom-5-nitro-1,3-dioxan, 5-chlor-2-methyl-4-isotiazilin-3-on, imidazolindinyl urea og

triclosan) og fire blødgørere (di-(2-ethylhexyl)phthalat, diisononylphthalat (DNP), EDTMP og fosfonater) blev prioriteret "1".

I gruppen opløsningsmidler var det muligt at prioritere 32 ud af 67 stoffer. Kun heptan fik prioritet "1" og 1,2,4-trichlorbenzen fik prioritet "2". Diethanolamin, ethanolamin, isopropanol, phenol og xylen blev prioriteret "3". Tetrachlorethylen, n-hexan og n-paraffiner fik prioritet "4". Isopropylbenzen fik prioritet "5", mens resten af stofferne blev prioriteret fra "6" til "8".

I gruppen "Blandet" var det meget få stoffer (11 stoffer), der kunne laves en farlighedsidentifikation af (4,6 %), i betragtning af det store antal stoffer som gruppen indeholdt (238 stoffer). Den skrappeste prioritet der blev givet var "3" for acrylnitril.

4.4 Sammenfatning

I alt er der fundet 899 miljøfremmede organiske stoffer, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand. Ud fra hvilket formål de er blevet tilsat produktet kan stofferne inddeles i 14 forskellige grupper.

Det var ikke muligt at indhente viden omkring i hvilke mængder husholdningsprodukter blev forbrugt i husholdningerne. Ligesom information vedrørende mængden/koncentrationen af indholdsstoffer i produkterne ikke er tilgængelig. Der er lavet nogle få opgørelser over et skønnet forbrug af forskellige husholdningsprodukter i Danmark, men indholdsstofferne i de enkelte produkter blev ikke kortlagt.

Den eksisterende viden på området er derfor ikke tilstrækkelig til at det er muligt at foretage en kobling mellem inventering på husholdningsprodukter og en kemisk karakteristik af gråt spildevand.

Det var muligt at foretage en farlighedsidentifikation af 210 af de 899 miljøfremmede organiske stoffer, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand. Ved prioriteringen af disse organiske stoffer blev den højeste prioritet, givet til 17 af stofferne. Den højeste prioritet (1) gives til de stoffer der forventes at have den mest skadelige virkning udfra en miljømæssig betragtning. 65 af stofferne blev tildelt en af de tre højeste prioriteter på (1-3), udfra en prioritering fra 1 til 8, så en betragtelig andel af de miljøfremmede organiske stoffer kan forventes at kunne have en skadelig virkning på miljøet.

5 Metode til karakterisering af gråt spildevand

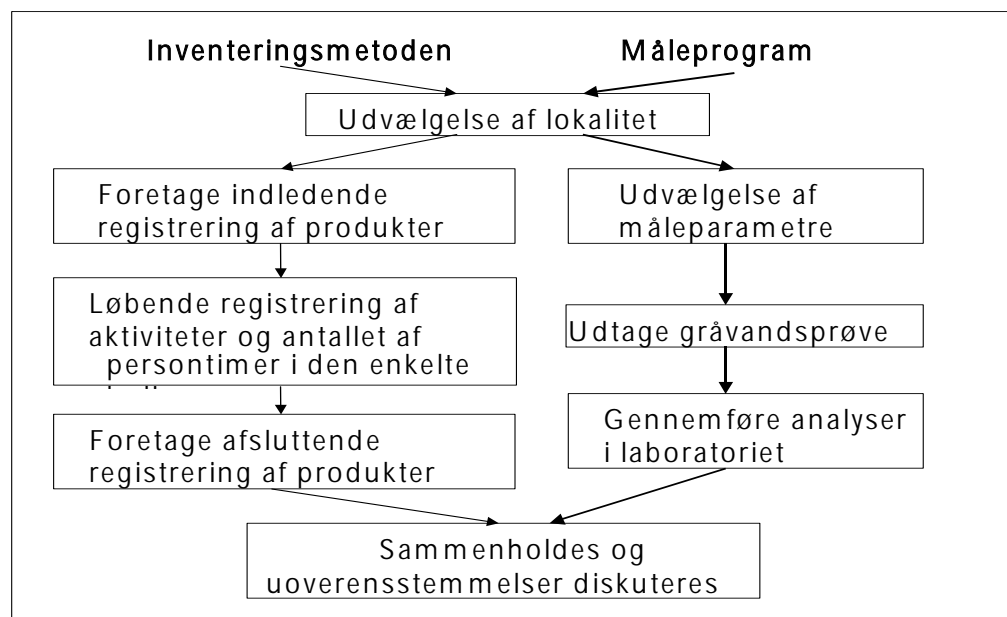
Dette kapitel omhandler to metoder til karakterisering af gråt spildevand: udvikling og gennemførelse af en inventeringsmetode (5.1) og af et måleprogram (5.2; Figur 5.1). Senere beskrives et casestudie, hvor begge metoder er anvendt til karakterisering af gråt spildevand (kapitel 6). Under den første metode beskrives, hvorledes en inventering kan foretages i en beboelse og under den anden metode er beskrevet, hvordan et måleprogram udvikles.

5.1 Inventeringsmetode

5.1.1 Formål og fremgangsmåde

Inventeringen har sammen med analyseresultater fra gråvandsprøver udtaget i samme periode, til formål at karakteriserer gråt spildevand på en udvalgt lokalitet. I det følgende beskrives generelt, hvorledes en inventering kan foretages til karakterisering af gråt spildevand.

En inventering gennemføres ved at foretage en registrering af forbruget af forskellige produkter, der bidrager til dannelsen af gråt spildevand. Produkter registreres med navn, producent, indholdsstoffer og der foretages en vejning af produkterne (bilag C). Efter en periode på f.eks. en uge registres forbrugte mængder ved en vejning af produkterne (bilag C). Persontimer forbrugt i hver husholdning og aktiviteter, der bidrager til dannelsen af gråt spildevand, blev registeret af beboerne (bilag C) under inventeringen. Denne registrering sammenholdes efterfølgende med en kemisk karakteristik af det grå spildevand fra de samme husholdninger. Hermed kan det sandsynliggøres hvorvidt en inventering er et alternativ til at gennemføre en kemisk karakterisering (figur 5.1).



Figur 5.1: Fremgangsmåde for en inventering

5.1.2 Udvælgelse af lokalitet

Indledningsvist udvælges en lokalitet. Det er væsentligt at man opnår accept blandt beboerne, hvis der skal opnås et optimalt udbytte af inventeringsarbejdet. Således kan modvilje og ønsker om anonymitet begrænse udbyttet af inventeringen. Derpå foretages en rundspørge ved at udsende breve til beboerne med spørgeskema og skemaer for aktiviteter og persontimer (bilag C). Rundspørgen har til formål at finde det bedste tidspunkt, hvor registreringen kan finde sted hos den enkelte beboer, således at deltagelsen bliver så stor som mulig.

5.1.3 Registrering af produkter i to trin

Når lokaliteten er blevet udvalgt, kontaktes den enkelte husholdning og der bliver gjort opmærksom på den planlagte inventering. Der foretages en indledende registrering af de produkter der findes i den enkelte husholdning, som kan bidrage til sammensætningen af det grå spildevand. Der kan være tale om at registrere følgende produktgrupper; **sæber, tandpasta (og tandrens), hårplejeprodukter (herunder shampoo, balsam hårlak, hårfarvning og hårfjerning), enkelte rengøringsprodukter (kalkfjerner, opvaskemidler, skurecremer), cremer, parfumer/deodoranter, olier, barberskum, opvaskemiddel og universalrengøringsmiddel.**

Produkterne registreres ved navn, producent, indholdsstoffer og vægt på første dagen for inventeringen. I den udførte inventering på BO-90 blev en inventeringsperiode på en uge anvendt. Ved udgangen af inventeringsperioden blev produkterne vejjet igen. I mellemtiden var der kommet nye produkter til. Disse produkter blev ligeledes registeret og den forbrugte mængde blev bestemt på basis af et uåbnet produkt.

5.1.4 Aktiviteter og persontimer

Beboerne i de enkelte lejligheder bliver bedt om at registrere de forbrugsmæssige aktiviteter de udfører i løbet af inventeringsperioden. Det skal kun være de aktiviteter der giver anledning til en produktion af gråt spildevand (bilag C). Registreringen foregår ved at det noteres hver gang der er udført en aktivitet som f.eks. vask af hænder i håndvasken eller hårvask med shampoo i brusebadet.

Ligeledes bliver beboerne bedt om at oplyse antallet af personer der dagligt opholder sig i lejligheden, samt hvor mange timer den enkelte befinder sig i lejligheden (persontimer, se bilag C). Hermed er det muligt at opgøre forbruget af husholdningsprodukter på lokaliteten som eksempelvis g produkt / persontime.

5.2 Måleprogram

I dette kapitel arbejdes med et måleprogram bestående af to trin; "Måleprogrammet Trin 1" og "Måleprogrammet Trin 2". Derudover blev det også gennemført et stort antal analyser af gråt spildevand fra den udvalgte lokalitet indenfor andre projekter, f. eks. et Ph.d. projekt og en række M.Sc. projekter (se Figur 2.2).

Forskellen i de to trin af måleprogrammet findes i deres formål. Under Trin 1 foretages en bred screening af parametre, der kan give en karakteristik af gråt spildevand. I Trin 2 gennemføres et måleprogram, der er reduceret i forhold til Trin 1. Dette måleprogram baseres på resultaterne fra Trin 1, rensningsmetoden for det producerede grå spildevand og de tiltænkte genbrugsmuligheder.

5.2.1 Formål

Formålet med at udvikle måleprogrammer er at identificere og kvantificere stoffer og mikroorganismer der forekommer i gråt spildevand. Programmerne vil inkludere et forslag til "basis-parametre", der altid skal inkluderes i målingerne, og en liste over de parametre, der skal inkluderes afhængigt af den videre håndtering/ behandling af det grå spildevand. Resultaterne giver en karakteristik af produceret gråvand og rensset gråvand, derudover kan de bruges til at vurdere effektiviteten af et rensningsanlæg og hvilke formål det rensede gråvand kan anvendes til.

5.2.2 Fremgangsmåde

I nærværende projekt er der anvendt følgende fremgangsmåde til udviklingen af et måleprogram for karakteriseringen af gråt spildevand:

- Et grundigt litteraturstudie for at kortlægge, hvilke kemiske forbindelser og mikroorganismer der kan forventes i det grå spildevand (kapitel 3).
- Vurdering af værdien af at kvantificere de forskellige potentielle stoffer/organismer, som det forventes at finde i det grå spildevand. Dette arbejde skal baseres på, hvordan det grå spildevand skal behandles/genbruges. F.eks. bør der tages hensyn til de effekter, som de forskellige forureningskomponenter har på/i de forskellige trin for rensning/behandling af spildevandet.

5.2.3 Valg af relevante analyseparametre i Måleprogrammets trin 1

Blandt de udvalgte analyseparametre er de traditionelle spildevandsparametre; måling af organiske iltforbrugende forbindelser (BOD og COD), næringsstoffer (N, P og K), miljøfremmede stoffer (tungmetaller og organiske forureningskomponenter), samt en række mikrobiologiske parametre inkluderet.

5.2.3.1 Traditionelle spildevandsparametre m.m.

De traditionelle spildevandsparametre, iltforbrugende organiske forbindelser og næringsstoffer, er blevet inkluderet, fordi de giver information om risici for ilt frie forhold og dermed information om risici for f.eks. sulfiddannelse og/eller jernudfældning ved genbrug af vandet til f.eks. toiletskyl eller ved recirkulering i et vaskeri.

Derudover er målinger af sulfat- og sulfidindholdet inkluderet, for at kunne evaluere risici for lugtgener. Kvantificering af indholdet af suspenderet materiale, samt måling af turbiditet er også inkluderet, ligesom måling af pH og temperatur ved selve prøveudtagningen. Disse data vil ligge til grund for vurdering af risici for driftsproblemer i anlægget, herunder af tilstopning af filtre.

For detaljer omkring hvilke stoffer der er inkluderet i Analysepakke 1a, henvises til tabel 5.1.

5.2.3.2 Miljøfremmede organiske stoffer

I litteraturstudiet (kapitel 4.2.1) fremgår det, at der er ca. 900 forskellige organiske forbindelser eller grupper af forbindelser, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand. Disse stoffer indgår i forskellige typer af rengørings-, vaske- og opvaskemidler samt i hygiejneprodukter, der bruges i husholdninger. Da det ikke er muligt at måle for alle disse 900 stoffer/stofgrupper, er de mest relevante udvalgt. Stofferne er udvalgt på baggrund af følgende kriterier:

1. Forbindelser, der indgår på Miljøstyrelsens liste over prioriterede stoffer (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1 1998. Listen over uønskede stoffer).
2. Miljøfarlige organiske forbindelser der er blevet identificeret som prioriterede stoffer i litteraturstudiet (se kap 3).

Kriterierne gælder i første omgang for måleprogram - trin 1. Det skal også noteres at begrænsninger i forhold til målemetoder og muligheder for at købe akkrediterede analyser har haft indflydelse på valget af måleparametre.

De udvalgte parametre findes i tabel 5.1 og benævnes "Analysepakke 1a" under trin 1.

5.2.3.3 Mikrobiologiske parametre

I Trin 1 er det hensigten at udvælge mikrobiologiske parametre, der beskriver gråt spildevand generelt.

Ved udvælgelse af mikrobiologiske parametre er det vurderet, at det især er de mikrobielle populationer af fækal oprindelse, som i gråt spildevand eventuelt kan udgøre hygiejniske og sundhedsmæssige risici. Disse mikroorganismer kan bla. tilføres det grå spildevand ved håndvask efter toiletbesøg, afvaskning

under badning, afvaskning af babyer og små børn ved bleskift eller ved direkte urinering i badet.

Tabel 5.1. Analysepakke 1a; kemiske analyseparametre.

Stofgruppe	Inkluderede forbindelser
PH	
Temperatur	
Turbiditet	
BOD	
COD	
NVOC	
NH ₄ ⁺ -N	
NO ₃ ⁻ -N	
N-tot	
P-tot	
Sulfat	
Sulfid	
Klorid	
Suspenderet stof	
Metaller	Cd, Hg, Pb, Ni, Cr, Cu, Zn, Ca, Mg, Al, Co, Mn, Mo, Sb, Sn, V, As, Ba, Fe,
Klorerede aliphater	Diklormethan, 1,1-diklorethan, 1,2-diklorethan, cis/trans-diklorethylen, 1,2-diklorpropan, triklormethan, tetraklormethan, 1,1,1-triklorethan, 1,1,2-triklorethan, triklorethylen, tetraklorethylen,
Klorerede ætere	di(2-chlorisopropyl)ether
Phthalater	Dimethylphthalat, diethylphthalat, di-n-propylphthalat, di-n-butylphthalat, di-idobutylphthalat, dipentylphthalat, di-(2-ethylhexyl)phthalat, butylbensylphthalat, di-cyclohexylphthalat
LAS	Sum af C ₁₀ -C ₁₄ -LAS.
Anioniske detergenter	Sum parameter
Kationiske detergenter	Sum parameter
NPE'er	Nonylphenol, mono-, di-, tri-, tetra- og penta-nonylphenoletoxylaterne
Oktylphenoletoxylater	Oktylphenol, mono-, di-, tri-, tetra- og penta-oktylphenoletoxylaterne
Phenoler	Phenol, o-, m- og p- kresol
Klorphenoler	17 forskellige inklusiv 2,4-diklorphenol, 2,4,5- og 2,4,6-triklorphenol

Specialparametre vil også blive undersøgt i særlige situationer, hvor en given bebyggelse rummer særligt følsomme beboere, herunder ældre eller immunsvækkede patienter (eks. HIV-positive og hjertetransplanterede). Forekomst af specialparametre vil også skulle fastlægges i andre tilfælde, omfattende bebyggelser eller offentlige bygninger (f. eks. lufthavne) med særlige smitekilder, som f.eks. indvandrere, der ofte rejser til deres hjemland i længere perioder, eller i det hele taget personer, der rejser meget til områder i udlandet med særlige sygdomme (østlande, U-lande).

De mikrobiologiske parametre, der indgår i standardprogrammet, er først og fremmest udvalgt under hensyntagen til traditionelle spildevandsparametre, dvs. total coliforme, *E. coli*, Enterokokker samt kimaltal v. 37°C. og kimaltal 21°C. Endvidere foretages målinger for *Salmonella* og *Campylobacter* spp. samt de vandrelaterede patogener: *Pseudomonas aeruginosa* og *Aeromonas hydrophila*.

Da der vil forekomme *E. coli* i gråt spildevand, er det af ringe værdi at undersøge for colifager som indikator for virus. Dette skyldes, at colifager blot vil afspejle forekomsten af *E. coli* og vil muligvis endda blive opformeret i forbindelse med håndtering af gråt spildevand. Det er ikke muligt at undersøge direkte for virus i gråt spildevand, da der ikke pt. findes egnede standardiserede metoder hertil.

De mikrobiologiske parametre der er udvalgt til at indgå i Trin 1 findes i analysepakke 1b i tabel 5.2.

Tabel 5.2. Analysepakke 1b; mikrobiologiske parametre svarende til trin 1.

Parameter
<i>E. coli</i>
Enterokokker
Kimaltal ved 37°C, antal hæmolytiske bakterier
Kimaltal ved 22°C,
Coliforme bakterier
<i>Salmonella</i> spp.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
<i>Campylobacter</i>
<i>Aeromonas</i> bev. arter
<i>Clostridium perfringens</i>

5.2.4 Valg af relevante analyseparametre i Måleprogrammets trin 2

Trin 2 i måleprogrammet udvikles specielt til det grå spildevand fra den udvalgte lokalitet samt under hensyn tagen til pågældende rensning og anvendelsesformålet.

Generelt bør følgende parametre indgå som basisparametre i et måleprogram for gråt spildevand; suspenderet stof, turbiditet, temperatur, pH, ledningsevne, BOD, COD samt koncentration af ilt og sulfid. Disse standardmålinger giver vigtig information om kvaliteten af det grå spildevand, herunder iltforbrug og sulfiddannelse, samt forhold der har betydning for forekomst og overlevelse af mikroorganismer i biofiltrene. Mikrobiologiske basisparametre inkluderer total kimaltal, enterokokker, *E. coli* og coliforme bakterier. Afhængig af anvendelsesformål kan antal og type af basisparametre øges eller reduceres.

Derudover suppleres måleprogrammet med parametre afhængigt af, hvor gråvandet dannes, behandlingsmetoden samt anvendelsesformålet (se bilag E).

6 Casestudie



Figur 6.1 Beboelsen BO-90.

(Billede af E. Eriksson)

I dette kapitel beskrives den lokalitet der er udvalgt i projektet. Derudover præsenteres måleprogrammets 2. trin der er udarbejdet specifikt til den aktuelle lokalitet.

6.1 Den udvalgte lokalitet - BO-90

De udvalgte metoder til karakterisering af gråt spildevand, Inventeringsmetoden og Måleprogrammet, er blevet afprøvet hos en beboerforening, BO-90 på Nørrebro i København (figur 6.1).

Forud for projektets start var der allerede etableret en udmærket kontakt til beboerne i BO-90, der udviste stor interesse for at deltage i projektet.

I slutningen af 80'erne samledes en gruppe beboere på Nørrebro for at starte et samarbejde omkring forbedring af boligforholdene. De ønskede at skabe en boligform, der sikrede større fællesskab samt gjorde det muligt at bestemme over egen bolig og selv kunne ændre de fysiske rammer. Hertil kom at gruppen, der kaldte sig BO-90, ville have at boligerne skulle udformes således, at miljøbelastningen blev mindst mulig. Der blev lagt fokus på forhold som energiforbrug (el og fjernvarme), vandforbrug, affaldsmængder og indeklima.

I samarbejde med en rådgiver og Foreningen Socialt Boligbyggeri (FSB) var det i 1992 muligt at præsentere et færdigprojekteret hus, BO-90. Huset blev opført på Tjørnegade 9, 2200 København N og stod klar til indflytning i 1993.

De miljømæssige tiltag hos BO-90 er følgende:

- Der er blevet installeret et såkaldt tagrumssolfangeranlæg (150 m²) i den sydvendte tagflade, der kan udnytte energien i den varme luft i tagrummet. Anlægget blev til i samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet. I dag leverer anlægget ca. 28 % af den samlede energimængde til opvarmning af brugsvand, centralvarme og ventilationsanlæg.
- På alle fællesområder anvendes der lavenergibelysning. Det samlede elforbrug dækkes af vindmølleenergi.
- Der er monteret vandbesparende blandingsbatterier til køkkenvask, håndvask og brusere (disse er endvidere styret af termostat). Hovedparten af vandet til toiletskyl i ejendommen er regnvand. Således har regnvandet leveret ca. 60% af den nødvendige vandmængde til toiletskyl. Resten har været dækket af drikkevand.
- Ved byggeriets opførelse blev der installeret dobbelte faldstammer i ejendommen således at det grå spildevand (fra bad og håndvask) med tiden ville kunne genanvendes til toiletskyl og dermed frigøre regnvandet til tøjvask.

Antallet af beboere og deres aldersfordelingen i august 2000 og marts 2002 fremgår af tabel 6.1.

Tabel 6.1 Aldersfordelingen på BO-90 anno 2002.

Alder [år]	August 2000 Antal personer ¹	Marts 2002 Antal personer ²
0-5	5	5
6-13	4	8
14-19	3,5*	3
20-29	2	3
30-49	11	12
50-69	1	4
70→	1	1
Sum	27,5	36

¹ Antal personer der deltog i inventeringen.

*En person var kun tilstede halvdelen af forsøgsperioden

² Larsen (2002)

6.1.1 Gråvandsanlæg

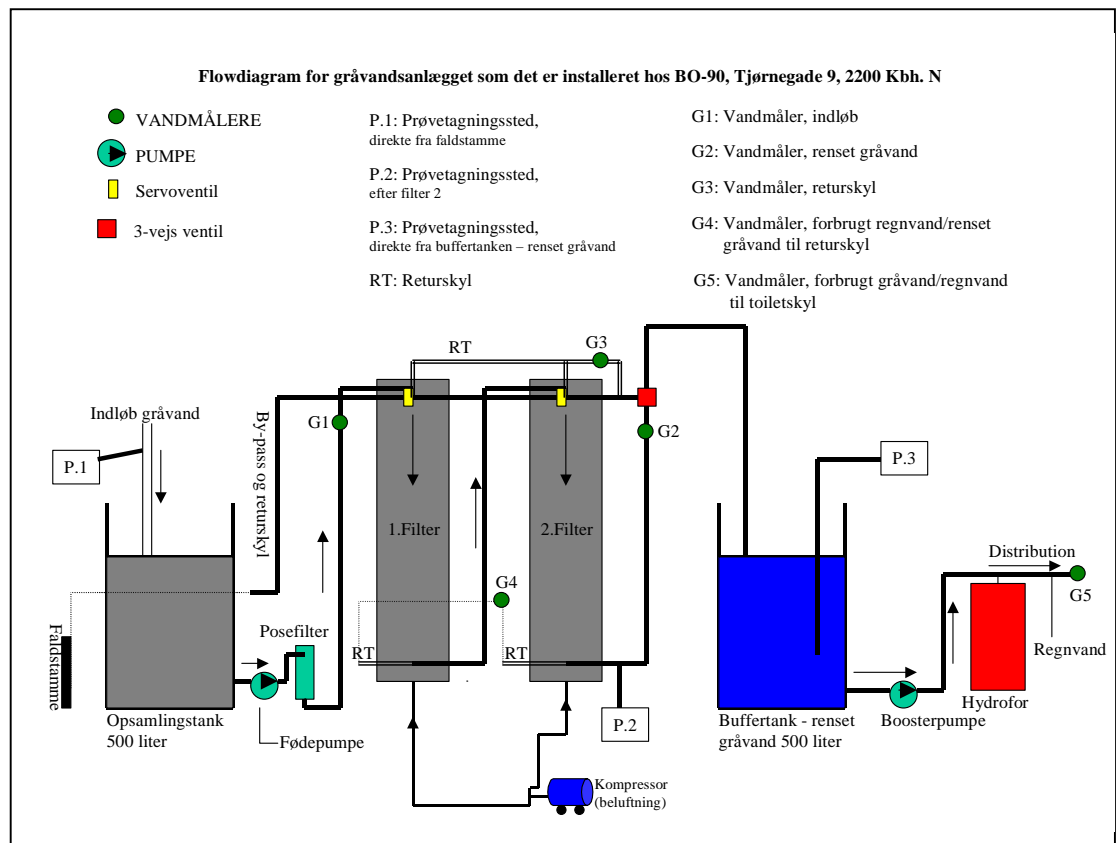
I kælderen i BO-90 er der installeret et rensningsanlæg til gråt spildevand (se figur 6.2), der er projekteret af Transform – Dansk Rodzone Teknik Aps., der laver lavteknologiske løsninger til håndtering af spildevand. Anlæggets opbygning fremgår af figur 6.3.



Figur 6.2 Gråvandsanlægget på BO-90.
(Billede af E. Eriksson)

Gråt spildevand fra håndvaske, bad og gulvafløb i badeværelserne på BO-90 opsamles i en beholder på 500 L i kælderen, hvorfra det ledes til et posefilter, der fjerner større partikler. Derpå ledes vandet gennem to beluftede sandfiltre, der er forbundet i serie. Sandfilterne fungerer som partikelfiltre, det vil sige at partikler af en vis størrelse tilbageholdes når vandet løber ned gennem filterlaget, og som biologiske filtre idet der sker en omsætning af organisk stof m.m. Hvert sandfilter har et volumen på 200 L, men på grund af porøsiteten af sandet, som er ca. 40 %, kan der kun være en vandmængde på 80 L.

Gråvandet ledes ind i toppen af filterne og ud i bunden. For at undgå tilstopning af filterne returskylles de med regnvand eller opsamlet gråvand. Skyllervandet fra returskylninger ledes direkte til kloakken. Efter filtreringen ledes vandet til en buffertank, der fungerer som opsamlingstank for rensset gråvand. Her er det hensigten, at vandet skal lagres indtil der er brug for det til toiletskylning. På anlægget er der installeret en doseringspumpe, som kan dosere desinfektionsmiddel i den sidste opsamlingstank. I tilfælde, hvor der ikke er tilstrækkelig med gråt spildevand til toiletskylning, anvendes opsamlet regnvand. Regnvandet ledes da til hydroforen, se figur 6.3. Til styring og regulering af anlægget er der opsat en styringsenhed.



Figur 6.3 Flowdiagram over gråvandsanlægget hos BO-90.

6.2 Måleprogram

6.2.1 Måleprogrammet – trin 1

Måleprogrammets trin 1 blev anvendt på BO-90, se kap 8.1 og bilag D. Efter evaluering af resultaterne blev et mere specifikt måleprogram udarbejdet for lokaliteten. Ved udarbejdelsen af 2. trin i måleprogrammet blev der sat fokus på typen af rensningsanlæg og formålet med anvendelsen.

6.2.2 Måleprogrammet – trin 2

6.2.2.1 Fysiske og kemiske parametre samt miljøfremmede stoffer

I måleprogrammet indgår basis parametrene (suspenderet stof, turbiditet, temperatur, pH, ledningsevne, BOD, COD, ilt- og sulfidkoncentrationen) og NVOC, se også bilag E. Lave niveauer af metallioner blev fundet i trin 1 og de indgår derfor ikke i trin 2.

Det bedømmes, at et eventuelt indhold af tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer i det grå spildevand, der genbruges på BO-90 kun vil udgøre ubetydelige sundhedsrisici, når vandet bruges til toiletskyl. Argumentet for dette er, at koncentrationerne af tungmetallerne er under kravværdierne for drikkevand (se kap 8.1), og at de fundne organiske miljøfremmede stoffer findes i husholdningskemikalier, der er tilladt til ind- og udvortes brug som bestanddele af produkter til personlig hygiejne. Problemer kan dog opstå, hvis organiske miljøfremmede stoffer tilledes i en koncentration eller kombination, der er så toksisk, at den biologiske aktivitet i biofiltrene ødelægges, hvorved der ikke kan ske nogen behandling/rensning af det grå spildevand. For at

undersøge om den biologiske aktivitet kan hæmmes af det grå spildevand, har der indgået følgende to metoder til at måling af biologisk aktivitet i måleprogrammet; inhiberingstest for nitrifikation og OUR respirationstest. Sidstnævnte tests omtales i særskilte kapitler (kapitel 6.2.3.1 og 6.2.3.2).

De fysiske og kemiske parametre, samt de to test for biologisk aktivitet, der indgik i måleprogrammets Trin 2, er vist i tabel 6.2. Denne del af måleprogrammets trin 2, benævnes analysepakke 2a. Prøvetagningssted 1 referer til indløbet til opsamlings tanken (prøven tages direkte fra faldstammen), 2 til udløbet fra 2. filter og 3 refererer til buffertanken (prøven tages direkte fra buffertanken).

Tabel 6.2. Analysepakke 2a; fysiske og kemiske analyseparametre.

Stofgruppe		
Fysiske parametre:		
	Suspenderet stof	Sted 1, 2 og 3
	Temperatur	
	Turbiditet	
Kemiske parametre:		
	BOD	Sted 1, 2 og 3
	COD	
	Ilt	
	Ledningsevne	
	NVOC	
	PH	
	Sulfid	
Biologisk aktivitet:		
	Hæmningstest	Sted 2
	nitrifikation	
	OUR respirationstest	

6.2.2.2 Mikrobiologiske parametre

Trin 2's analysepakke 2b, der indeholder de mikrobiologiske parametre er vist i tabel 6.3. Indholdet af mikroorganismer i gråvandet bestemmes lige før indløbet og i det rensede gråvand, som ledes til forbrugeren. Til vurdering af filternes rensningsevne, samt af hvorvidt der foregår eftervækst af mikroorganismer i buffertanken, vil der suppleres med målinger for Enterokokker og kintal ved 22 °C i udløbet af filter 2. Af tabel 6.4 fremgår hvilke mikroorganismer der analyseres for og hvor i anlægget den pågældende parametre bestemmes.

Kintal, Enterokokker, E.coli og coli er basis parametre. Protozoa og parasitter er ikke luftbårne og anses derfor at ikke være et problem ved toiletskyl og indgår ikke i måleprogrammets trin 2.

Tabel 6.3. Analysepakke 2b; Mikrobiologiske parametre der har indgået i trin 2.

Parameter		Prøveudtagningssted		
		1	2	3
Indikator bakterier	Clostridium perfringens (DS 2256/1), inklusive sporer	X		X
	Enterokokker ISO 7899/2 (membranfiltrering)	X		X
	Kimtal ved 22°C (DS/EN ISO 6222/1)			
	Kimtal ved 37°C, blodagar, inkl. antal hæmolytiske (DS 2217/2)	X	X	X
		X	X	X
Særlige bakterier	Koagulase-positive stafylokokker (NMKL 66/3; trin 1+2)	X		X
	Aeromonas bev. arter (NMKL 150/2; trin 1+2)	X		X
	Pseudomonas aeruginosa (DS 268/1; trin 1+2)	X		X
	Legionella (DS 3029:2001; trin 1+2)	X		X
		X		X

Prøveudtagningsprogram

Prøverne for trin 2 i måleprogrammet blev udtaget med følgende frekvens:

- Ugeprøver, prøveudtagningsfrekvens en gang per uge i 3 uger november-december 2001, 7 uger i januar-februar 2002.
- Døgnprøver, prøveudtagningsfrekvens en gang per dag i 7 dage i november-december 2001 og 7 dage i januar-februar 2002.
- En prøve efter det at en hårfarve produkt var blevet tilsat det grå spildevand via afløbet i en af lejlighederne.

6.2.3 Prøvetagning og analyser

Prøvetagning og analysering af grävandsprøver er foretaget i henhold til gældende standard metoder af et akkrediteret miljølaboratorium, samt af M&R's laboratorium. Måling af den mikrobiologiske aktivitet i biofiltrene er dog blevet gennemført med metoder der ikke er standard metoder, idet der ikke forefindes standard metoder til denne type af analyser. Metoderne er derfor uddybet nedenfor.

6.2.3.1 Inhiberingstest for nitrifikation

Prøver af gråt spildevand udtaget efter de biologiske sandfiltre konserveres ved frysning ved -18°C.

Princippet i testen er at tilsætte varierende koncentrationer af forsøgsmateriale til en suspension af nitrificerende slam og ammonium. Nitrifikationshastigheden følges i 2 timer ved at måle udviklingen af nitrit- og nitratkoncentrationen. Der udtages prøver af slamsuspensionen til bestemmelse af nitrit og nitrat produktionen til tiden 0, 1 og 2 timer, (Eilersen et al. 2002a)

Fremgangsmåde: Der opstilles 12 forsøgsflasker, heraf 2-3 kontroller og 9-10 analyser. Der foretages udelukkende enkeltbestemmelser af analyserne og pH bestemmes ved start af forsøget og umiddelbart efter forsøget afsluttes. I forsøgsflaskerne følges udviklingen i nitrit og nitrat. Nitrat samt summen af nitrat og nitrit koncentrationerne udviser kontinuert respons, og koncentrations-respons kurverne er ofte S-formede og kan estimeres ved nonlinear regression. Det antages her at data følger en Weibull-fordeling (Christensen og Nyholm (1984)), og behandles statistisk ved hjælp af ConEcoTox programmet, som kan foretage vægtet nonlinear regression, estimation af valgfrie EC_x -værdier samt fastsætte konfidensintervaller for disse (Andersen et al. (1998)).

6.2.3.2 OUR respirationstest

Testen anvendes her til karakterisering af det organiske materiales omsættelighed i spildevandet, og til at vurdere gråt spildevands hæmning af ilt respirationen. Metodens princip er at bestemme fordelingen af let omsætteligt, let hydrolyserbart og langsomt hydrolyserbart COD i spildevandet ved at følge ilt respirationen af det organiske materiale i spildevandet over længere tid (timer). Hæmningseffekten vurderes ved at bestemme ilt respirationsraten af en standard opløsning af acetat, med eller uden prøve tilstede, (Eilersen et al. 2002b).

Fremgangsmåde: Testen foretages med to parallelle opstillinger, en uden og en med forsøgsmateriale. I den første opstilling uden forsøgsmateriale tilsættes postevand i stedet for prøve til en slam suspension. Her måles den endogene respirations-rate og slammets respons på den interne standard acetat. I opstillingen med forsøgsmateriale tilsættes forsøgsmaterialet til en slam suspension. Her måles respirations-raten for prøven indtil den endogene respirations-rate opnås, og slammets respons på den interne standard acetat.

Ved start af forsøget og umiddelbart efter forsøget afsluttes bestemmes pH, alkalinitet og ledningsevne. SS og VSS bestemmes ved forsøgets afslutning. Under forsøgene følges udviklingen i ilt koncentrationen i reaktorerne for de to forsøgsopstillinger. Ilt respirationsraten beregnes ved lineær regression.

Der registreres følgende to respirometriske parametre:

Top højde (PH for peak height)

Top areal (PA for peak area)

Begge parametre bestemmes for en standard kalibrerings opløsning i forsøg med og uden prøve tilstede, med kendt stBOD indhold.

Vurdering af BOD indhold:

BOD indholdet i prøven kan bestemmes ved hjælp af følgende formel:

$$BOD_{Sample} = \frac{PA_{Prøve}}{PA_{Kalibrering}} \cdot stBOD_{Kalibrering}$$

Vurdering af spildevandets hæmning af slammets aktivitet :

Den %-vise hæmning af top højde og top areal for prøven, bestemmes ved hjælp af følgende formler:

$$\% \text{ hæmning} = \frac{PH_{\text{Kalibrering}}(\text{Endogen}) - PH_{\text{Kalibrering}}(\text{Pr øve})}{PH_{\text{Kalibrering}}(\text{Endogen})} \cdot 100$$

$$\% \text{ hæmning} = \frac{PA_{\text{Kalibrering}}(\text{Endogen}) - PA_{\text{Kalibrering}}(\text{Pr øve})}{PA_{\text{Kalibrering}}(\text{Endogen})} \cdot 100$$

6.3 Analyser udover Måleprogrammet

Som nævnt tidligere er der blevet gennemført en række analyser af gråt spildevand fra BO-90 udover dem som er foretaget indenfor Måleprogrammets Trin 1 og 2. De analysemetoder som er blevet brugt til disse analyser er beskrevet nedenfor.

6.3.1 Miljøfremmede organiske stoffer

Miljøfremmede organiske stoffer blev analyseret i gråvand fra BO-90 på to forskellige måder: kvantitative analyser og en kvalitativ screening. Dette var en del af et PhD projekt som er blevet gennemført ved M&R. Prøverne blev taget i glasflasker og transporteret til laboratoriet under kolde og mørke forhold, hvor de blev analyseret med det samme eller opbevaret koldt og mørkt. Prøvetagningen fandt sted fire uger i august 2000 (perioden for trin 1).

De kvantitative analyser af fedtsyrer og BTEX'er blev foretaget i laboratoriet på M&R DTU ved Danske standardmetoder og metoder udviklet af instituttet (Eriksson and Ledin, 2002). Endvidere blev der udført en kvalitativ screening af miljøfremmede stoffer med fastfase ekstraktion, sekventielle eluering og GC-MS på M&R DTU enlig en metode af Paxéus og Schröder (1996). For mere information om screeningen se Eriksson et al., 2003.

6.3.2 Andre analyser

Fra 1999 - 2002 er der foretaget en række undersøgelser af det grå spildevand fra BO-90. Undersøgelserne er foretaget af projektstuderende samt i kurset "Anvendt miljøkemisk analyseteknik" på Miljø og Ressourcer, DTU. I de efterfølgende kapitler beskrives de parametre, de studerende har målt for samt formålet med undersøgelserne. Resultaterne af undersøgelserne indgår i karakteristikken af det grå spildevand fra BO-90 i kapitel 8.4. Yderligere undersøgelser foretaget af gråt spildevand bl.a. fra BO-90 er vist i bilag J. Samtlige analyser er blevet foretaget på M&R's laboratorium, i følge standard metoder.

6.3.2.1 Rensningsmetoder for gråt spildevand

Projektet "Rensningsmetoder for gråt spildevand – en karakteristik og analyse af 2 etablerede grävandsanlæg" er udarbejdet af Morten Smith i 2000. Formålet med projektet var at give en karakteristik af gråt spildevand fra en bolig (BO-90) og et vaskeri samt redegøre for mulige rensningsmetoder. Herunder at vurdere effektiviteten af rensningsanlægget, der renses det grå spildevand fra de to lokaliteter, og gråvandets potentiale for anvendelse til toiletskylning og vaskeformål, samt at vurdere hvilke komplikationer der kan opstå undervejs. Der er foretaget redegørelser for de miljømæssige gevinster

samt hygiejniske og økonomiske aspekter ved indførelsen af disse gråvandssystemer.

I undersøgelsen er der analyseret for: pH, ilt, BOD₅, COD, nitrat, nitrit, ammonium, total-kvælstof, TKN, total-fosfor, suspenderet stof, sulfat, alkalinitet, aluminium, kobber, zink, olie og fedt, turbiditet og totale coliforme bakterier (CFU/100ml).

6.3.2.2 Behandling af gråt spildevand

Karina P.S. Auffarth gennemførte i 1999 – 2000 projektet ”Behandling af gråt spildevand”. Projektets formål var at undersøge nedbrydningen af miljøfremmede organiske stoffer i rensningsanlægget for gråt spildevand på BO-90. Der blev udtaget prøver af gråvandet ved indløbet til rensningsanlægget og sandfiltrene (før buffertanken). Samtidig var det formålet at finde ud af, om der findes PAH'er og BTEX'er i gråvandet og om fedtsyrer fra husholdnings- og hygiejneprodukter nedbrydes i rensningsanlægget. Udover analyser af miljøfremmede organiske stoffer blev der analyseret for en række kemiske og mikrobiologiske parametre. Dette var med til at danne grundlaget for en karakteristik af gråvandet og vurderer rensningsevnen af anlægget. De mikrobiologiske parametre skulle anvendes til en vurdering af hvorvidt det rensede vand kunne genbruges til toiletskyllning.

Der blev analyseret for følgende parametre: temperatur, pH, ilt, nitrat, ammonium, orthofosfat, TOC, sulfat, hydrogensulfid, BTEX'er, fedtsyrer, totale antal bakterier (AODC), totale coliforme bakterier og E. coli.

6.3.2.3 Variationsanalyse af gråt spildevand

Mai Christoffersen har i sit projekt ”Variationsanalyse af gråt spildevand” foretaget en variationsanalyse af gråt spildevand fra en opvaskemaskine, to vaskemaskiner, et afløb fra køkkenvask og afløb fra badeværelser (fra bad, håndvask og gulvafløb) på BO-90. Resultaterne af undersøgelserne på BO-90 er medtaget i tabel 8.12. Variationsanalyserne er foretaget på temperatur, turbiditet, tørstof, ammonium-kvælstof, orthofosfat, pH og TOC. I variationsanalyserne for badeværelserne er der set på døgn og uge variationen.

7 Resultat - Inventeringsmetoden

7.1 Baggrunds information

Arbejdet med inventeringen har bestået i at indhente informationer omkring beboelsens forbrug af husholdningskemikalier til den personlige hygiejne og rengøring. Herunder har det været nødvendigt ligeledes at indhente oplysninger omkring antallet af personer i den enkelte lejlighed og antallet af persontimer pr. lejlighed. Beboernes aktiviteter i relation til et forbrug af husholdningskemikalier er ligeledes blevet registreret.

11 lejligheder med 28 af de i alt 36 beboere deltog i inventeringsarbejdet. Den aktuelle aldersfordeling under inventeringsperioden (2-9 august 2000), fremgår af tabel 7.1. Det bemærkes, at tabellen kun indeholder oplysninger vedrørende personer, der deltog i inventeringen, da nogle beboere var bortrejst eller valgte ikke at deltage i inventeringen.

Tabel 7.1: Oversigt over alderssammensætningen hos BO-90 i inventeringsperioden (2-9 august 2000)

Alder [år]	Antal personer	Kvinde/Mand
0-5	5	3K/2M
6-13	4	2K/2M
14-19	3,5	4K*
20-29	2	K/M
30-49	11	6K/5M
50-69	1	M
70 →	1	K
Sum	27,5	17K/11M

* En 14-årig pige var der kun halvdelen af tiden. K: kvinde/kvinder. M: mand/mænd.

Det bemærkes, at lejlighedsnumrene i tabel 7.2 ikke referer til de rigtige lejligheds numre på BO-90, men er valgt vilkårligt, hvorved beboerne opnår anonymitet. Tabel 7.2 viser at der er en stor spredning i antallet af personer i de enkelte lejligheder. Der er tale om både folk der bor alene og børnefamilier.

Opgøres antallet af mandlige og kvindelige beboere, så ses det at 3/5 er kvindelige og 2/5 er mandlige. Forskellen i kønsfordelingen ligger overvejende i aldersgruppen 14-19 år. Det fremgår af tabel 7.2 at ikke alle lejligheder har fået udfyldt både aktivitets- og persontimeskemaerne. Hvorvidt dette skyldes travlhed eller manglende vilje er svært at sige, men det er en barriere for at opnå et tilfredsstillende resultat af en sådan inventering.

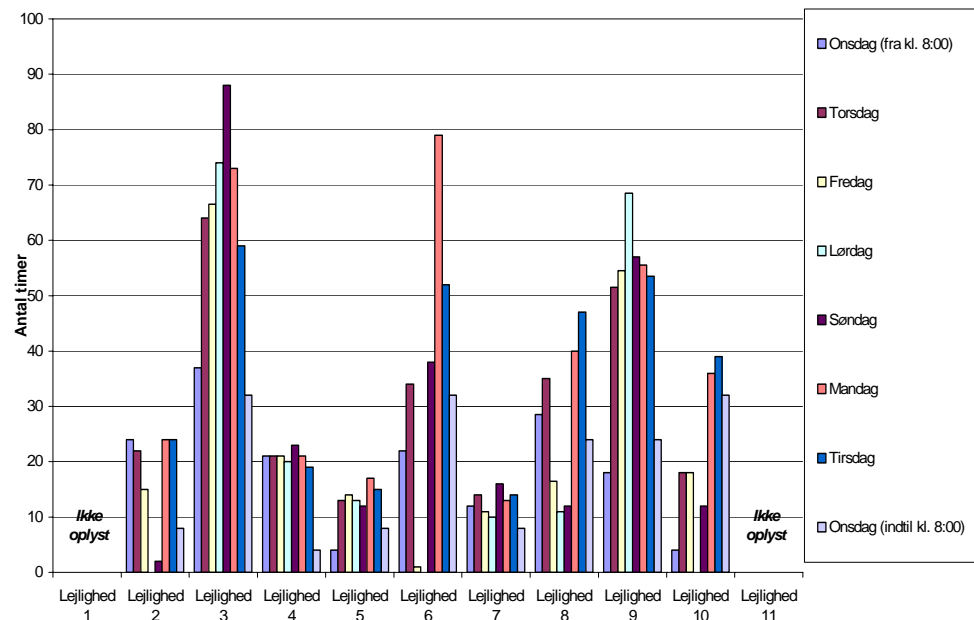
Tabel 7.2: Antal personer tilstede under inventeringen på BO-90 (2-9 august 2000).

Lejlighed nr.	Antal personer	Udfyldt Aktivitetsskema	Udfyldt skema for persontimer
1	2	Nej	Nej
2	1	Ja	Ja
3	4½*	Ja	Ja
4	1	Ja	Ja
5	1	Ja	Ja
6	4	Ja	Ja
7	1	Ja	Ja
8	3	Ja	Ja
9	3	Ja	Ja
10	5	Nej	Ja
11	2	Nej	Nej
I alt	27½	8/11 lejligheder	9/11 lejligheder

* En 14-årig pige var der kun halvdelen af tiden.

7.1.1 Persontimer

Som det fremgår af figur 7.1 forekommer der i inventeringsperioden en skæv fordeling i antallet af persontimer på de enkelte lejligheder. Næsten 60% af belastningen stammer (målt i persontimer) fra kun 3 lejligheder (3, 6 og 9), jfr. endvidere bilag F. Denne registrering blev foretaget for senere at kunne vurdere mængden af anvendte produkter i forhold til antallet af personer (registreret ved antallet af persontimer pr. lejlighed indenfor



inventeringsperioden).

Figur 7.1: Observeret fordeling i persontimer (2 - 9 august 2000)

7.1.2 Aktivitetsskemaer

Forbrugsmønstret i den enkelte husholdning hos BO-90, fremgår af tabel 7.3 (understøttes af bilag G). Det må konkluderes, at der ligeledes her er en stor spredning i antallet af registrerede aktiviteter for hver husholdning. Således er der igen i lejlighed nr. 3, 6 og 9 registreret den største aktivitet mht. forbrug af husholdningsprodukter. Det er vigtigt at forholde sig kritisk til sådanne informationer, eftersom der må ligge en vis usikkerhed i materialet. Det må eksempelvis antages at ikke alle beboere har været lige omhyggelige i registreringen af de forskellige aktiviteter.

Tabel 7.3: Observeret fordeling i forbrugsrelaterede aktiviteter hos BO-90 (2-9 august 2000). Denne fordeling er i tabellen sammenstillet med det totale antal persontimer (jfr. figur 7.1) fordelt på lejligheder.

Aktivitet	Lejlighed	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Tandbørstning	<i>I.R.</i>	8	57	14	14	19	15	10	22	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		159
Vask af hænder uden sæbe	<i>I.R.</i>	18	9	11	18	7	2	10	45	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		120
Vask af hænder med sæbe	<i>I.R.</i>	9	150	14	23	35	14	18	16	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		279
Hårvask i håndvasken	<i>I.R.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		1
Brusebad	<i>I.R.</i>	3	16	3	7	8	4	7	9	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		57
Barbering i håndvask/bruseren	<i>I.R.</i>	0	7	0	0	4	0	0	3	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		14
Vask af ansigt	<i>I.R.</i>	0	1	14	0	6	5	12	7	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		45
Brugt rengøringsvand *	<i>I.R.</i>	0	4	1	0	0	2	0	0	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		7
Brugt vand til håndvask af tøj*	<i>I.R.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		1
Farvning af hår eller tøj	<i>I.R.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		0
Andet:	<i>I.R.</i>	0	4	2	0	0	0	0	6	<i>I.R.</i>	<i>I.R.</i>		12
Antal persontimer (hele ugen)	<i>I.R.</i>	119	494	150	96	258	98	214	383	159	<i>I.R.</i>		1970

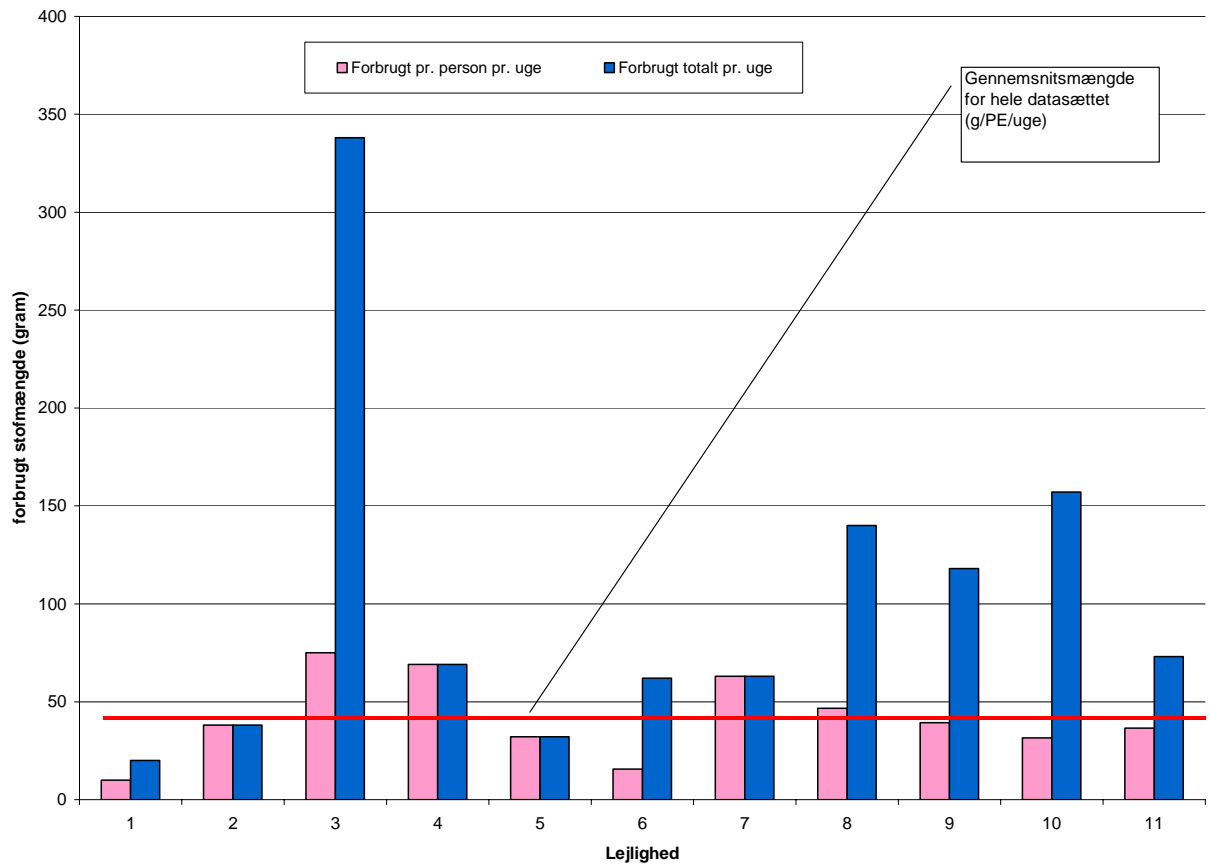
I.R. - ikke registreret. *Disse aktiviteter er kun registreret i tilfælde hvor det brugte vand hældes i håndvasken eller gulvafløbet – **ikke** hvis det hældes i toilettet!

Sammenlignes figur 7.1 og tabel 7.3, ses det at der generelt set er en dårlig korrelation mellem fordelingen af persontimer og fordelingen i registreringen af de forbrugsrelaterede aktiviteter. Et eksempel på den manglende korrelation er registreringen af "vask af hænder med sæbe" i lejlighed nr. 3 og 9. Der blev observeret henholdsvis 150 og 16 (jfr. tabel 7.3) af denne aktivitet i de to lejligheder. Som det fremgår af figur 7.1 (og tabel 7.2) er der ikke den samme signifikante forskel i antallet af registrerede persontimer. Dette grunder primært i det forhold at enkelte personer har sløset lidt ved registreringen af de forbrugsrelaterede aktiviteter. Det kan dog tildels også skyldes at fordelingen i antallet af persontimer over døgnet har været forskellig, således at nogle aktiviteter forekommer relativt hyppigere i en given lejlighed.

7.1.3 Forbrugsregistrering og vejning

Som det fremgår af tabel 7.4 er følgende produktgrupper blevet registreret i inventeringsperioden: Shampoo, balsam, sæbe, badeolie, rengøringsmidler, rudevask, sæbespåner, opvaskemiddel, kalkfjerner, skurecrème, tandpasta,

tandrens, crème (personlig hygiejne), hårfjerningsmiddel, hårlak, barberskum, roll-on (deodorant), parfume, shower dusch crème og lusebalsam. Eftersom der er tale om inventering på de produkter/stoffer der ender i det grå spildevand (bad og håndvask), er registreringen domineret af shampoo, balsam, sæbe og tandpasta. Der blev ved inventeringen totalt set registreret og vejlet ca. 90 produkter.



Figur 7.2: Oversigt over forbrugte stofmængder i løbet af inventeringsperioden.

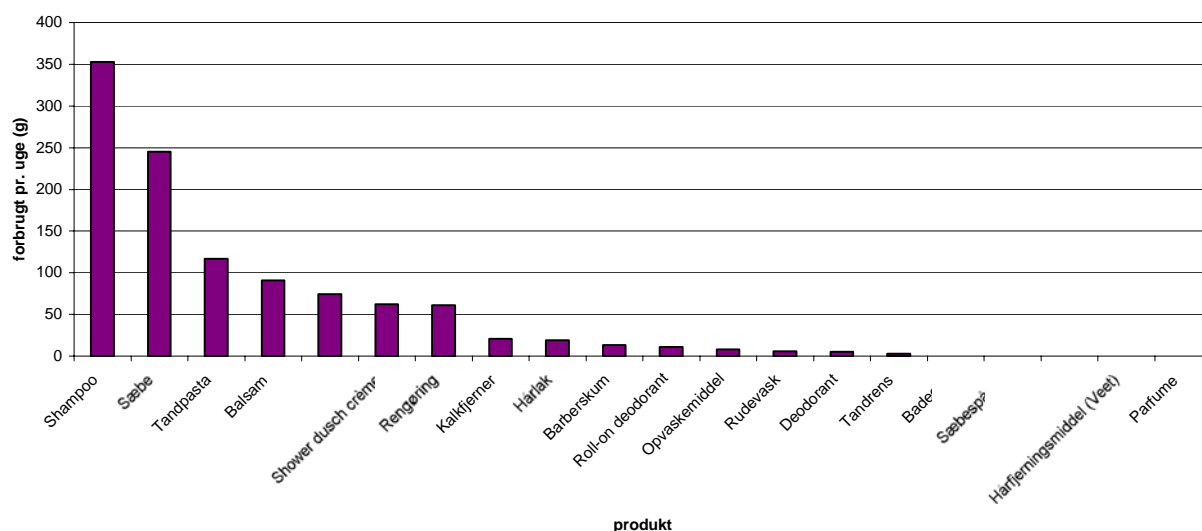
Der er i inventeringsperioden blevet forbrugt ca. 1100 gram (jfr. Bilag G) af forskellige husholdningsprodukter, der kan bidrage til sammensætningen af det grå spildevand. Dette svarer til ca. 40 gram pr. person pr. uge (jfr. figur 7.2). Hovedparten af dette stofforbrug skyldes anvendelsen af shampoo, sæbe og enkelte rengøringsmidler. Omregnes der til et forbrug af husholdningsprodukter pr. persontime, svarer figur 7.1 og 7.2 til at der bruges ca. 0,4 - 0,65 g produkt / persontime. Dette er beregnet med udgangspunkt i et 5% konfidensinterval, hvilket betyder at værdierne i datasættet fra inventeringen, med 95% sikkerhed ligger inden for dette interval. Middelværdi er 0,51 g produkt / persontime.

Sammenlignes figur 7.1 og 7.2, ses det at der generelt set er en dårlig korrelation mellem fordelingen i persontimer og den forbrugte mængde i løbet af inventeringsperioden. Vurderes dette i relation til registreringen af de forbrugsrelaterede aktiviteter, må det konkluderes at der ydermere er tydelige tegn på at ikke alle beboere har valgt at fremvise samtlige anvendte husholdningsprodukter indenfor inventeringsperioden.

Forbruget i lejlighederne 3, 8 og 9 og 10 udgør ca. 75 % af det totale forbrug af husholdningsprodukter i ejendommen. Hvorvidt dette er repræsentativt for BO-90 er svært at konkludere på denne baggrund, men der kan muligvis være

tale om at nogle af lejlighederne har undladt at stille enkelte produkter til offentlig skue. Det skal dog bemærkes at der i de samme lejligheder boede over 50 % af beboerne i ejendommen i inventeringsperioden.

En mere detaljeret opgørelse af forbruget fordelt på de enkelte produkter, fremgår af tabel 7. 4 og bilag G.



Figur 7.3: Oversigt over det totale forbrug fordelt på produktgrupper

Tabel 7.4: Total fortegnelse over forbruget hos BO-90 i inventeringsperioden, opdelt i produktgruppe, produktnavn, producent og den forbrugte mængde i (g / uge).

Produktgruppe	Produktnavn	Producent	Forbrugt (g pr. uge)
Shampoo	Top	Dansk Supermarked A/S	8
	B5-shampoo	Beiersdorf	11
	Loréal El´vital	L´oreal	13
	Edom Dead Sea	Importeret af Netto	39
	Brændnælde	Urtekram	46
	Keminus	Irma A/S	6
	Matas Natur	Matas	9
	Kamille	Urtekram	19
	VO5	Cederrotha A/S	10
	Rasul	Urtekram	7
	Natusan pH 5,5	Johnson & Johnson GmbH	5
	Morgenfruer	Urtekram	38
	Uparfumeret	FDB	44
	Tidsel Tisel	Urtekram	14
	Aloe Vera	St. Ives	50
	Rose	Urtekram	5
	SP keratin	Espoo, Wella	29
Balsam	Wella m. frugt voks	Wella AG. Tyskland	23
	Keratin og jojoba	Matas	44

	Minirisk	FDB	3
	Panthene Pro-V	Procter & Gamble	5
	SP daily balancing	Espoo, Wella	16
Sæbe	LUX	Elida	1
	Minirisk	FDB	23
	Aloe Vera, E-vitamin	Netto I/S	135
	Mandel	Urtekram	16
	Minirisk, special	FDB	8
	Cusson	Cusson House	4
	Keminus	Irma A/S	12
	Urtekram	Urtekram	1
	Melos pflanzenöl Ringelblume	Walter Rau Speickwerk	8
	Natusan babysæbe	Johnson & Johnson	2
	Vivag, special	Pharma Vinci A/S	3
	Mandel	Irma A/S	32
Shower dusch crème	Nivea Bath care	Beiersdorf	53
	Minirisk dusch	FDB	9
Tandpasta	Colgate Total	Colgate-Palmolive	4
	Sensodyne, frisk mint	Stafford-Miller Ltd.	12
	Fluocalcin, frisk mint	Cederroth	34
	Colgate whitening tandpasta	Colgate-Palmolive	8
	Zendium	AB Fenom / ADACO	8
	Zendium	Blumøller A/S	2
	Fluocalcium	Cederroth	9
	Colgate, Super star	Colgate-Palmolive	5
	Zendium, frisk mint	Jensen & Co. A/S	4
	Zendium	Jensen & Co. A/S	11
	Aquafresh, mælketank	Smith Kline Beecham	3
	Colgate, fluor	Colgate-Palmolive	13
	Zendium	Blumøller A/S	15
Tandrens	Denivit	Schwarzkopof & Henkel	3
Rengøring	Universal rengøring, rent naturligt	Naturén	44
	Konc. Rengøringsmiddel, Bluecare	FDB	17
Crème	Nivea Bath Care, shower crème	Beiersdorf	7
	Hudcrème, Keminus	Irma A/S	11
	Synergie, Pure Sebum, moisteriser	Laboratoires Garnier	1
	St. Ives collagen elastin	St. Ives	23
	Synergie, Pure Sebum, deep por wash	Laboratoires Garnier	32
Barberskum	Old Spice	Procter & Gamble	2
	Barber gel, Sanex	Blumøller A/S	5
	Barberskum	F-gruppen, Albertslund	6
Roll-on	Deodorant stick, Emporio Armani	Armani	1
	Roll-on, Keminus	Irma A/S	4
	Barberstift, Palmolive for men, Classic	Colgate-Palmolive	6
Deodorant	Boss	Eurocos	5
Kalkfjerner	Bluecare	FDB	17

	Kalkfjerner	FDB	4
Rudevask	Rudevask m. salmiak, Mille Clean	Mille	6
Opvaskemiddel	Tusindfryd	Irma A/S	8
Hårlak	FX studio, super strong	L'oréal	19

Tabel 7.5: Total fortegnelse over forbruget hos BO-90 i inventeringsperioden opdelt efter produktgruppe. En familie består af to voksne og to børn.

Produktgruppe	Forbrugt (g pr. uge)	Forbrug (kg/år)	En families forbrug (kg/år)
Shampoo	353	18,4	2,45
Balsam	91	4,7	0,63
Sæbe	245	12,7	1,70
Shower dusch crème	62	3,2	0,43
Tandpasta	128	6,7	0,89
Tandrens	3	0,2	0,02
Rengøring	61	3,2	0,42
Crème	74	3,8	0,51
Barberskum	13	0,7	0,09
Roll-on	11	0,6	0,08
Deodorant	5	0,3	0,03
Kalkfjerner	21	1,1	0,15
Rudevask	6	0,3	0,04
Opvaskemiddel	8	0,4	0,06
Hårlak	19	1,0	0,13

Som det fremgår af figur 7.3 blev der ved inventeringen identificeret ca. 20 forskellige produktgrupper hos BO-90. Forbruget er som forventeligt domineret af shampoo, balsam, sæbe, tandpasta og diverse crèmer (figur 7.3, tabel 7.4 og tabel 7.5). Disse produkter udgør ca. 70 % af det totale forbrug (mængdemæssigt) hos BO-90. Det bemærkes at der er en vis mængde af diverse rengøringsmidler der ligeledes ender i det grå spildevand hos BO-90, eftersom det bliver hældt i håndvasken eller brusekaret efter endt rengøring.

Forbruget af enkelte produktgrupper kan sammenlignes med undersøgelsen foretaget i 1996 af Forbrugerinformationen (Toft et al., 1996). Forbruget opgjort for BO-90 gælder kun for gråt spildevand produceret i badeværelser, mens forbruget i Forbrugerinformationen undersøgelse dækker over en families samlede forbrug overalt i husholdningen. Derfor er det ikke muligt at foretage en sammenligning for alle produktgrupper. De produktgrupper der kan sammenlignes er "hårplejemidler og brusebadssæbe" (shampoo, balsam og shower dusch crème) og "håndssæbe". Forbruget af hårplejemidler og brusebadssæbe og sæbe er skønnet til at være hhv. på 3,4 kg/år og 1,7 kg/år for en familie bestående af to voksne og to børn fra BO-90. Forbrugerinformationen fandt et forbrug på 7,9 kg/år og 3,4 kg/år for hhv. produktgrupperne "hårplejemidler og brusebadssæbe" og "sæbe" i 1996, dvs. det registrerede forbrug i BO-90 er kun halvdelen af hvad forbrugerinformationens studie siger at man kan forvente for en "middeldansk familie.

7.1.4 Indholdsstoffer

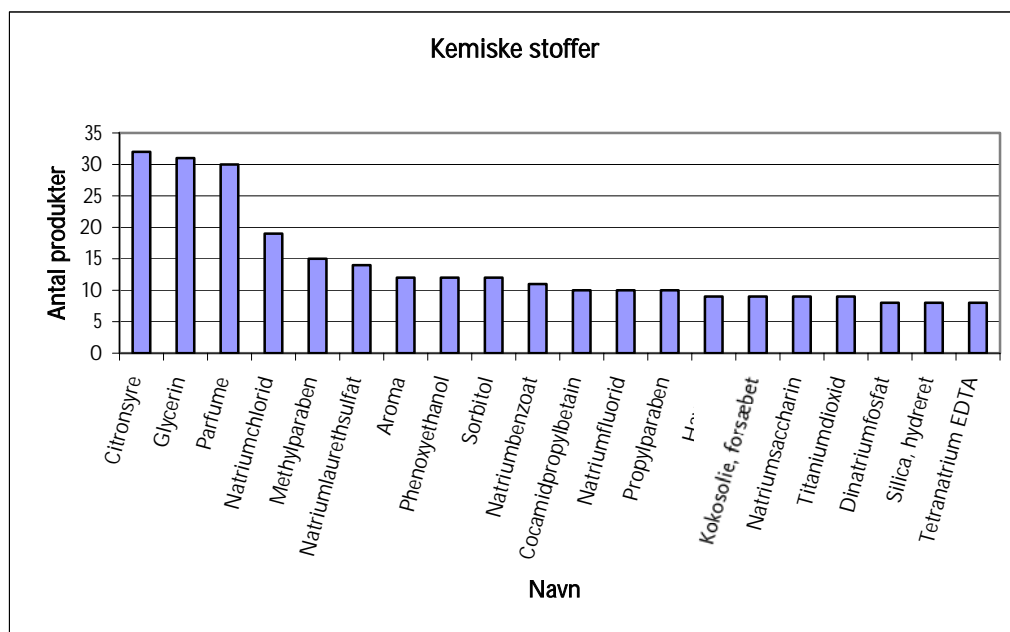
Det gennemførte inventeringsarbejde har registreret 290 forskellige indholdsstoffer i de anvendte husholdningsprodukter hos BO-90. Disse stoffer er listet i bilag H og kan overordnet grupperes indenfor følgende 14 stofgrupper (tabel 7.6).

Tabel 7.6 Stofgrupper fundet i husholdningskemikalier og hygiejneprodukter i på BO-90.

Stofgruppe	Antal stoffer i grupperne
Amfotære detergenter	1
Anioniske detergenter	14
Kationiske detergenter	7
Non-ioniske detergenter	19
Blegemidler	0
Farvestoffer	15
Emulgatorer	15
Enzymer	3
Parfumer og smagsstoffer	39
Konserveringsmidler	17
Blødgørere	5
Opløsningsmidler	9
Uorganiske stoffer	19
UV-filtre	4
Blandet	123
<i>Total</i>	<i>290</i>

Af figur 7.4 fremgår det at ca. 1/3 af de registrerede produkter har et deklareret indhold af citronsyre (blødgørere), glycerin (emulgatorer) og forskellige parfumestoffer. Endvidere kan det konkluderes at ca. 1/3 af produkterne indeholder et eller flere af konserveringsmidlerne: methyl-, propyl- eller ethylparaben. To stofgrupper der forekommer hyppigt er aroma og parfume. De forekommer henholdsvis 12 og 30 gange på deklARATIONER af husholdnings- og hygiejneprodukterne fra BO-90. Det skal dog noteres af her findes ikke nogen specifik information om hvilke stoffer der er som giver smag og lugt, men kun oplysning om at aroma og parfume stoffer indgår.

Blandt de uorganiske forbindelser som indgår i husholdningskemikalier er det natriumchlorid som optræder oftest på indholdsdeklARATIONERNE fra BO-90. Saltet er fundet på deklARATIONER fra 28 husholdnings- og hygiejneprodukter. Vand er dog det stof som forekommer hyppigst i produkterne. De fleste uorganiske stoffer optræder dog kun én gang (bilag H).



Figur 7.4: Oversigt over fordelingen af observationer (=antal produkter) på de forskellige kemiske indholdsstoffer, der blev identificeret ved inventeringen. Laveste antal observationer der er medtaget er otte.

Sammenlignes med de tidligere studier på området (Arbejdsmiljøinstituttet, 1994), kan det bekræftes at bl.a. natriumchlorid og natriumlaurethsulfat, er blandt de hyppigst forekommende stoffer i husholdningsprodukter.

8 Resultat - Måleprogrammet

8.1 Resultater af målinger på indløbet til anlægget på BO-90 - Måleprogrammet trin 1

8.1.1 Prøveudtagning og analyser

Prøver til undersøgelse for fysiske og kemiske parametre, inklusiv tungmetaller og miljøfremmede stoffer, blev udtaget af personale fra Miljø & Ressourcer DTU, dagligt, dvs. fem gange pr. uge i løbet af fem uger i juli/august 2000, i alt 25 prøver. Analyserne for parametrene: suspenderet stof, turbiditet, temperatur, pH, ledningsevne, BOD samt koncentration af ilt og sulfid, blev foretaget enten på lokaliteten eller på prøveindsamlingsdagen i Miljø & Ressourcers laboratorium. Blandingsprøve af gråt spildevand, som blev opsamlet i løbet af en uge, blev sendt til laboratoriet SGAB-Analytica, Sverige, for analyse af metaller og miljøfremmede stoffer, samt enkelte traditionelle spildevandsparametre.

Prøver til analyse for mikrobiologiske parametre blev udtaget og analyseret af miljølaboratoriet ROVESTA Miljø I/S i Næstved. Prøveudtagningen foregik ugentligt i fire uger i august 2000 med i alt fire prøver.

8.1.2 Fysiske og kemiske parametre

Målingerne af de fysiske parametre – temperatur, turbiditet og suspenderet stof – viste, at parameterværdier for det grå spildevand på BO-90 ligger inden for de intervaller, som typisk er fundet i gråt spildevand fra badeværelser i litteraturen (tabel 8.1 og 8.2). Det skal dog bemærkes at den maksimale målte værdi for suspenderet stof er 207 mg/l, hvilket er væsentligt større end den maksimale værdi fundet i litteraturen. Gennemsnitsværdien for suspenderet stof er tæt på den laveste værdi, hvilket indikerer at indholdet af suspenderet stof i gråvandet overvejende vil befinde sig indenfor litteraturintervallet. Turbiditeten ligger i den lavere ende af litteraturintervallet.

Tilsvarende er det for de kemiske parametre observeret, at pH, ledningsevne, BOD samt koncentrationerne af total-N ligger inden for de intervaller, som er beskrevet i litteraturen (Tabel 8.2). Temperatur og pH-niveau vil favorisere væksten af mikroorganismer i opsamlingsbeholdere og i selve rensningsanlægget. Sulfatkoncentrationen ligger lidt højere, end hvad der tidligere er blevet fundet, men den svarer godt til det niveau af sulfat, som findes i vandforsyningsvand i København (Tabel 8.2). Kilden til sulfat er således ikke aktiviteter på BO-90, men snarere det naturlige indhold af sulfat i vandforsyningsvand. Indholdet af COD er lavere end litteraturværdierne. Det samme gælder for ammonium, nitrat og total-P. Da gråvandet stammer fra badeværelser uden tilslutning af vaskemaskiner kan forklare hvorfor fosforindholdet er forholdsvis lavt.

Koncentrationen af ilt er højere end litteraturværdien for gråt spildevand, men lavere end gennemsnitskoncentrationen for ilt i postevand. Dette indikerer, at ilt forbruges i systemet, men ud fra disse data kan det ikke konkluderes, om dette sker i vandforsyningssystemet eller i afløbssystemet. Det skal dog

noteres, at sulfid er blevet påvist ved 21 af de totale 25 prøveudtagninger, hvilket indikerer, at "lokalt" iltvind forekommer i afløbssystemet (f.eks. i vandlås). Dårlig lugt, der skyldes dannelse af svovlbrinte i anlægget, er også i flere tilfælde blevet noteret i kælderen på BO-90.

Parametrene - BOD og suspenderet stof - blev målt dels på M&R den samme dag, som prøveudtagningen foregik og dels på den samlingsprøve, som blev sendt til SGAB-Analytica. Man kan heraf notere, at såvel gennemsnitsværdien som minimum- og maksimumsværdierne for BOD er lavere i de målinger, som er blevet foretaget senere til trods for, at prøverne er blevet konserveret på den af laboratoriet foreskrevne måde og at det er BOD₅ der er målt på M&R meden SGAB analytical har målt BOD₇. Dette indikerer, at det er væsentligt at analysere for BOD inden for et bestemt antal timer for at undgå underestimering af indholdet af BOD. Gennemsnitsmængden af suspenderet stof er omvendt højere i samlingsprøverne end i de individuelle prøver, mens intervallet for de fundne minimums- og maksimumsværdier er mindre, hvilket med stor sandsynlighed indikerer, at variationen i koncentrationen af suspenderet stof som funktion af tiden ikke bliver illustreret, når man laver samlingsprøver. Dette vil også være tilfældet for alle de andre analyseparametre og er noget, som man bliver nødt til at tage højde for, når man designer et måleprogram.

Tabel 8.1 Fysiske og kemiske parametre

Parametre	Gennemsnit mg/l	Minimum- maksimum mg/l	Litteratur interval for bade- værelser ¹ mg/l	Postevand ² mg/l
Fysiske parametre				
Elektrisk ledningsevne (25 °C µS/cm)	869	757-1809	82-20000	622
Suspenderet stof	54	7-207	48-120	-
Temperatur (°C)	24,1	21,6-28,2	18-38	14,5
Turbiditet, NTU	40	5-95	20-370	0,17
Kemiske parametre				
Ammonium (NH ₃ -N)	0,2	0,02-0,42	<0,1-25	<0,004
BOD ₅	95	36-286	76-200	-
BOD ₇	56	26-130	50-300	-
COD	143	77-240	280-8000	6,04
Nitrat (NO ₃ -N)	0,15	0,03-0,26	0-4,9	2,46
Opløst oxygen	5,8	3,6-8,2	0,4-4,6	9,9
pH	7,93	7,56-8,57	5-8,1	7,58
Sulfat	69	64-78	12-40	68
Sulfid	0,26	0,02-2,50	-	-
Tot-N	4,9	3,6-6,4	0,6-7,3	-
Tot-P	0,5	0,28-0,78	0,11-2,2	0,015

¹ Eriksson et al., 2002A

² Københavns Vand, 2000

8.1.3 Metaller

Koncentrationen af grundstofferne; Na, K, Ca, Mg, Ba, Sr, Al, Fe, Si er enten inden for det interval, som er blevet præsenteret i litteraturen (Ba, Al, Fe;

Tabel 8.2), eller kan sidestilles med den naturlige baggrundskoncentration, som man finder i postevand i København (Ca, Mg, Sr, Si). En undtagelse fra dette er Na og K, hvor de målte koncentrationer er højere end de koncentrationer, der er observeret i postevand, hvilket indikerer at Na og K tilføres gennem husholdningskemikalier og brug af vandet.

De målte koncentrationer af tungmetaller ligger generelt på det samme niveau eller lavere end de data, der er fundet i litteraturen (Tabel 8.2). Nogle af tungmetallerne forekommer dog i koncentrationer over niveauet i postevand, f. eks. Ni (ca. 5 gange forhøjet koncentration); Cd, Cr; Zn (ca. 10); Pb (ca. 20); Cu (ca. 50). Disse tungmetaller må således være blevet tilført i ledningsnettet (vandforsyningen), via andre VVS installationer, eller de er blevet tilført via forskellige produkter under brug af vandet i badeværelserne.

Tabel 8.2 Metaller

Parametre	Gennemsnit mg/l	Minimum- maksimum mg/l	Litteratur interval ¹ mg/l	Postevand ² mg/l
Grundelementer:				
Aluminium (Al)	0,52	0,21-0,93	<1,0-1,0	0,0015
Barium (Ba)	0,04	0,034-0,043	0,032	0,03
Calcium (Ca)	99	96-100	3,5-21	102
Jern (Fe)	0,12	0,079-0,34	0,34-1,4	0,01
Magnesium (Mg)	22	21-23	1,4-6,6	20
Kalium (K)	6,5	5,9-7,4	1,5-6,6	4,1
Silicium (Si)	9,3	8,7-11	3,2-4,1	-
Natrium (Na)	62	45-99	7,4-21	40
Strontium (Sr)	2,2	1,9-2,3	-	2,00
Tungmetaller:				
	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Arsen (As)	<3,5	-	<38	0,35
Cadmium (Cd)	0,22	0,056-0,66	<10	0,02
Chrom (Cr)	13	0,7-48	36	1,1
Kobolt (Co)	0,09	0,04-0,18	<12	1,0
Kobber (Cu)	43	18-84	60-120	0,88
Bly (Pb)	3,4	1,1-6,9	<63	0,15
Mangan (Mn)	11	8,8-15	61	<?
Kviksølv (Hg)	0,07	0,006-0,25	<0,3	0,20
Nikkel (Ni)	6,2	3,9-10	<25	1,6
Zink (Zn)	450	203-761	10-6300	45
Molybdæn (Mo)	0,9	0,46-1,2	-	-
Antimon (Sb)	0,1	-	-	0,03
Tin (Sn)	0,2	-	-	-
Vanadium (V)	0,06	-	-	-

Tungmetaller er angivet som gennemsnit af 1*5 prøver.

¹ Eriksson et al., 2002A

² Københavns Vand, 2000

8.1.4 Miljøfremmede organiske stoffer

I tabel 8.3 ses det, at ud fra de 62 forskellige organiske stoffer der er stofgrupper udvalgt for analyse blev 11 stoffer fundet og kvantificeret, mens de andre 51 er fundet i koncentrationer under de anvendte analysemetoders

detektionsgrænser. Blandt de fundne stoffer er; 2,4+2,5-diklorphenol (0,06-0,13 µg/l), 2,4,6-triphenol (<0,02-0,1 µg/l), diethyl-phthalat (6,25 µg/l), di-isobutyl-phthalat (2 µg/l), di-(2-ethylhexyl)phthalat (29 µg/l), LAS (0,163 mg/l) og kationiske detergenter (1,25 mg/l).

Der er ikke tidligere målt for disse typer af organiske stoffer i gråt spildevand hvorfor der ikke er muligt at foretage sammenligninger med andre måledata.

Tabel 8.3 Miljøfremmede organiske stoffer

Parametre	Gennemsnit µg/l	Minimum- maksimum µg/l	Litteratur interval µg/l	Postevand ¹ µg/l
Klorede alifater:				
Diklormethan	< 1,0	-	-	-
1,1-diklorethan	< 0,5	-	-	-
1,2-diklorethan	< 0,5	-	-	-
T-1,2-diklorethylen	< 0,5	-	-	-
C-1,2-diklorethylen	< 0,5	-	-	-
1,2-diklorpropan	< 0,5	-	-	-
Triklormethan	-	< 0,1-250	-	0,1-9,9
Tetraklormethan	-	< 0,1-1	-	<0,01-0,1
1,1,1-triklorethan	< 0,1	-	-	<0,02-0,1
1,1,2-triklorethan	< 0,1	-	-	-
Trikllorethen	< 0,1	-	-	<0,04-0,35
Tetraklorethen	< 0,1	-	-	<0,01-0,33
Klorphenoler:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
2-monoklorphenol	< 0,5	-	-	-
3-monoklorphenol	< 0,5	-	-	-
4-monoklorphenol	< 0,5	-	-	-
2,6-diklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,4+2,5-diklorphenol	0,1	0,06-0,13	-	-
2,3-diklorphenol	< 0,02	-	-	-
3,4-diklorphenol	< 0,02	-	-	-
3,5-diklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,4,6-triklorphenol	-	< 0,02-0,1	-	-
2,3,6-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,3,5-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,4,5-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,3,4-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
3,4,5-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,3,4,6-tetraklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,3,4,5-tetraklorphenol	< 0,02	-	-	-
Pentaklorphenol	-	< 0,02-0,04	-	-
Sum klorphenoler	0,13	0,08-0,24	-	-
Phenol, Cresol og Alkylphenoler:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Phenol	< 1	-	-	-
o-cresol	< 1	-	-	-
m-+p-cresol	< 1	-	-	-

2,3-dimethylphenol	< 1	-	-	-
2,4-dimethylphenol	< 1	-	-	-
2,5-dimethylphenol	< 1	-	-	-
2,6-dimethylphenol	< 1	-	-	-
3,4-dimethylphenol	< 1	-	-	-
3,5-dimethylphenol	< 1	-	-	-
2,3,5-trimethylphenol	< 1	-	-	-
2,4,6-trimethylphenol	< 5	-	-	-
2-ethylphenol	< 1	-	-	-
3-ethylphenol	< 1	-	-	-
4-ethylphenol	< 1	-	-	-
2-isopropylphenol	< 3	-	-	-
2-n-propylphenol	< 1	-	-	-
3-t-butylphenol	< 1	-	-	-
Nonylphenol - og Oktylphenol-etoxylater:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Nonyl-phenol	< 0,5	-	-	-
Nonyl-phenol- etoxylater	< 5	-	-	-
Oktyl-phenol	<0,25	-	-	-
Oktyl-phenol- etoxylater	<3	-	-	-
Diklordi-isopropyl- ether	< 1	-	-	-
Phthalater:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Dimethyl-phthalat	< 1	-	-	-
Diethyl-phthalat	6,3	<1-13	-	-
Di-n-propyl- phthalat	< 1	-	-	-
Di-n-butyl-phthalat	< 1	-	-	-
Di-isobutyl- phthalat	2	<1-3	-	-
Dipentyl-phthalat	-	<1-1,4	-	-
Di-(2- ethylhexyl)phthalat	29	11-39	-	-
Butylbenzyl- phthalat	< 1	-	-	-
Di-cyclohexyl- phthalat	< 1	-	-	-
Detergenter:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
LAS	163	25-450	-	-
Kationiske detergenter	1250	400-2100	-	-

Miljøfremmede stoffer er angivet som gennemsnittet af 1*5 prøver.
1 Københavns Vand, 2000

8.1.5 Mikrobiologiske parametre

Resultaterne af de mikrobiologiske undersøgelser af ubehandlet gråt spildevand er vist i tabel 8.4. I alt blev 4 enkeltprøver, udtaget og analyseret. Der blev fundet store variationer i de foretagne analyser for de enkelte parametre. Kimtalsbestemmelser mellem 100.000-1.000.000 per 100 ml blev

påvist med et noget lavere antal kim ved 37°C end ved 22°C. Gennemsnittet for kimaltal ved 37°C og hæmolytiske bakterier blev beregnet til 293000 respektive 1700. I alt 0,6 % af kimaltallet ved 37°C var således hæmolytiske bakterier. Tilsvarende sammenligning for antallene af coliforme bakterier og *E. coli* viser, at 1,6% af den totale populationen af coliforme bakterier var *E. coli*. Antallet af *E. coli* varierede fra 200-2.800 per 100 ml, mens antallet af enterokokker varierede fra 100-7.000 per 100 ml. *Aeromonas* og *Pseudomonas aeruginosa* blev begge påvist i varierende antal mellem 40-5.100 og 10-8.700 per 100 ml.

Litteraturen vedrørende den mikrobiologiske sammensætning, herunder forekomst af smitstoffer, er yderst sparsom. De fundne resultater af bestemmelser af kimaltal 22°C og 37°C samt fækale indikatorbakterier viste, at disse bakteriegrupper kan forventes at forekomme i forskellige typer af gråt spildevand. *Salmonella* og *Campylobacter* spp. blev ikke påvist, hvilket kan skyldes at ingen af BO-90's beboere eller deres besøgende udskilte disse smitstoffer i undersøgelsesperioden eller at eventuelle smitstoffer i spildevandet er døde grundet deres ringe overlevelsessevne udenfor tarmen. Dog må det forventes at man med yderligere analyser i enkelte prøver fra BO-90 eller andre gråvandsprojekter, kan påvise egentlige bakterielle smitstoffer, eg. *Salmonella*, *Campylobacter* eller andre forekomst af parasitære smitstoffer.

Tabel 8.4 Mikrobiologiske parametre

Parametre	Gennemsnit antal/100 ml	Minimum- maksimum antal/100 ml	Litteratur interval ¹ antal/100 ml	Postevand ² antal/100 ml
			10.000.000- 300.000.000	
Kimaltal v. 22°C	550.000	140.000- 1.100.000	#	1,6
Kimaltal v. 37°C	300.000	91.000- 540.000	1-3.300"	57
Hæmolytiske bakterier v. 37°C	1.700		i.m.	-
<i>Aeromonas</i>	2.500	40-5.100	i.m.	-
		1.100- 70-		
Coliforme bakterier	9.6000	320.000	24.000.000*	1
<i>E. coli</i>	1.500	200-2.800	i.m.	-
Enterococcer	3.100	1.000-7.000	i.m.	-
<i>Campylobacter</i> spp.	i.d.		i.d.	-
<i>Clostridium perfringens</i>	9	3-15	i.d.	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2.300	10-8.700	i.d	-
<i>Salmonella</i> spp.	i.d		i.d	-
				-

i.d: ikke detekteret

- ikke målt

¹ Eriksson et al., 2002A (gråvand fra badeværelser)

² Københavns Vand, 2000

#total bakteriell population

"Fækal coliform

*total coliform

8.2 Måleprogrammet - Trin 2

I måleprogrammet Trin 2 fokuseres på nogle få generelle fysiske og kemiske parametre, mikrobiologiske parametre samt målinger af mikrobiologisk aktivitet (se kap 6.2). Der udtages prøver fra tre steder i anlægget; indløbet til opsamlingsbeholderen (samme sted som i Måleprogrammet - Trin 1), udløbet fra sandfiltrene, og i udløbet fra buffertanken (se figur 6.3 samt bilag E).

Undersøgelse af tungemetaller og organiske miljøfremmede stoffer indgik ikke i måleprogrammet – trin 2, idet koncentrationerne af tungmetallerne målte i trin 1 ligger under kravværdierne for drikkevand, samt at de fundne organiske miljøfremmede stoffer findes i husholdningskemikalier, der er tilladt til udvortes brug som bestanddele af produkter til personlig hygiejne.

Fysiske og kemiske parametre blev bestemt på prøver, udtaget ved indløbet til opsamlingsbeholderen (prøveudtagningssted 1; Figur 6.3) og i udløbet fra sandfiltrene (prøveudtagningssted 2), samt ved udløbet fra buffertanken (sted 3) med det formål at dokumentere filtrenes rensesgrad. Måling af biologisk aktivitet for at vurdere den biologiske aktivitet i filtrene blev foretaget på prøver fra prøveudtagningssted 2.

Mikrobiologiske analyser blev foretaget på prøver, udtaget de samme steder som for de andre parametre (sted 1-3), med det formål at dokumentere filtrenes rensesgrad. De mikrobiologiske undersøgelser blev gennemført med et reduceret måleprogram med henblik på at undersøge effekten af behandlingen af det grå spildevand. Til dette formål blev der analyseret for indikatorerne enterokokker og kimtal ved 37°C i prøver fra udtagningssted 2.

For at kunne vurdere de sundhedsmæssige risici og for at dokumentere eventuel opformering af mikroorganismer ved lagring af det rensede gråvand, blev der også foretaget analyser på prøver udtaget ved udløbet fra buffertanken (lagertank) der er placeret efter bio/sandfiltrene (prøveudtagningssted 3).

Prøverne blev udtaget med følgende frekvens:

- a) Døgnprøver. Prøvetagningsfrekvens en gang per døgn i 2 uger, totalt 14 prøver, blev gennemført i uge 50 i år 2001, samt uge 6 i år 2002.
- b) Ugeprøver. Prøvetagningsfrekvens en gang per uge i 2 måneder, totalt 10 prøver, blev foretaget i ugerne 48-50 i år 2001, samt ugerne 2-8 i år 2002.

Indholdet af kemiske stoffer i gråvandet blev ved en anledning manipuleret så man om aftenen den 20/2 2002 tilsatte hårfarve til spildevandet fra en håndvask i en af lejlighederne, for at se om der ville være en målbar effekt heraf den næste dag.

8.2.1 Fysiske og kemiske parametre

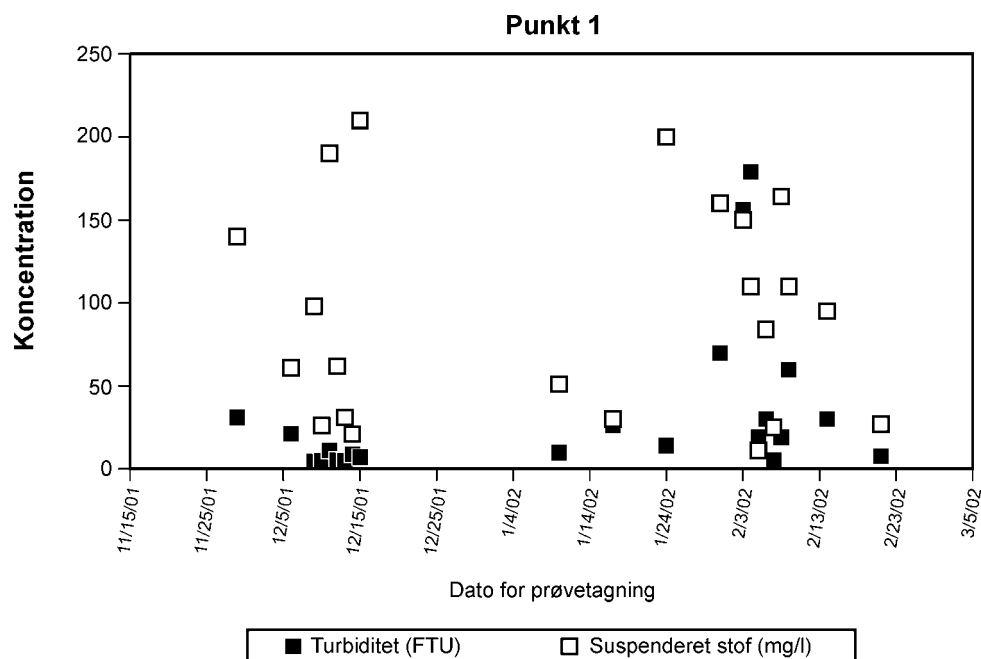
Totalt blev det udtaget 22 prøver fra indløbet og udløbet af det biologiske sandfilter (sted 1 og 2, figur 6.3) og udløbet fra buffertanken hvor det rensede gråvand opsamles inden planlagt genbrug (sted 3). Målingerne fra indløbet til sandfiltrene viste at partikelindholdet (suspenderet stof og turbiditet) varierer indenfor de samme intervaller som fundet ved målingerne i Trin 1 af måleprogrammet (Tabel 8.5 og Figur 8.1). Det er tydeligt fra Figur 8.1 at koncentrationen af suspenderet stof varierer over korte tidsintervaller, hvilket kan forklares af aktiviteter i badeværelserne.

Minimum temperaturen er lidt lavere end hvad den tidligere er observeret på BO-90, og ledningsevnen varierer indenfor et væsentligt større interval (152-1661 $\mu\text{S/cm}$ - 759-1809 $\mu\text{S/cm}$) end for målingerne i trin 1. Målte pH-værdier samt koncentrationer af ilt og sulfid varierer indenfor de samme intervaller som tidligere, mens de maksimale koncentrationerne af BOD og COD er væsentligt højere end tidligere. Variationen i BOD og COD over tiden er også forholdsvis stor f. eks med en faktor 30 for BOD og med en lidt lavere faktor (16) for COD (Figur 8.2).

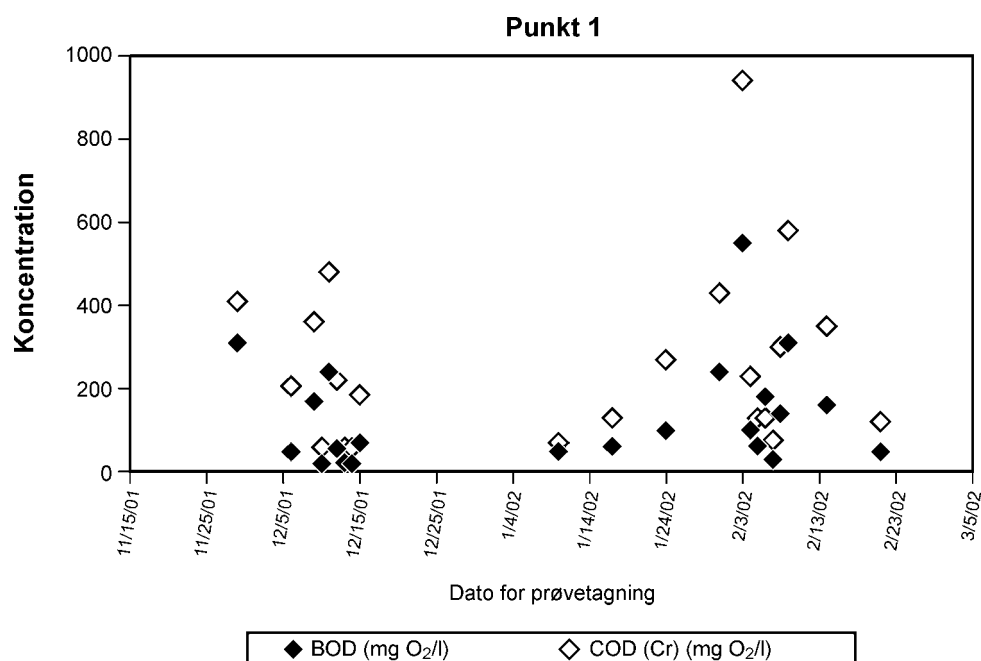
De fundne pH værdier tillader alle således god overlevelse og eventuel vækst af de fleste bakterielle mikroorganismer

Tabel 8.5 Resultater for prøvetagningssted 1: Indløb til opsamlingsstank

	Enhed	Gennemsnit	Minimum-maksimum	Std
Fysiske parametre				
Ledningsevne	$\mu\text{S/cm}$	980	152-1661	26,4
Suspenderet stof	mg/l	93	11-210	64
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	23	19-27	2,5
Turbiditet	FTU	34	4,9-179	47,7
Kemiske parametre				
Alkalinitet	mmol/l	6,5	5,4-14	1,8
BOD ₅	mg O ₂ /l	135	18-550	130
COD (Cr)	mg O ₂ /l	263	57-940	214
Ilt	mg O ₂ /l	5,6	3,8-8,2	1,25
NVOC	Mg C/l	33	7-180	44,0
PH		7,9	7,1-8,4	0,24
Sulfid	mg/l	-	<0,02-2,5	0,59



Figur 8.1 Forekomst af turbiditet og suspenderet stof i ubehandlet gråt spildevand.



Figur 8.2 Forekomst af BODindhold og COD (mg il t/l) i ubehandlet gråt spildevand.

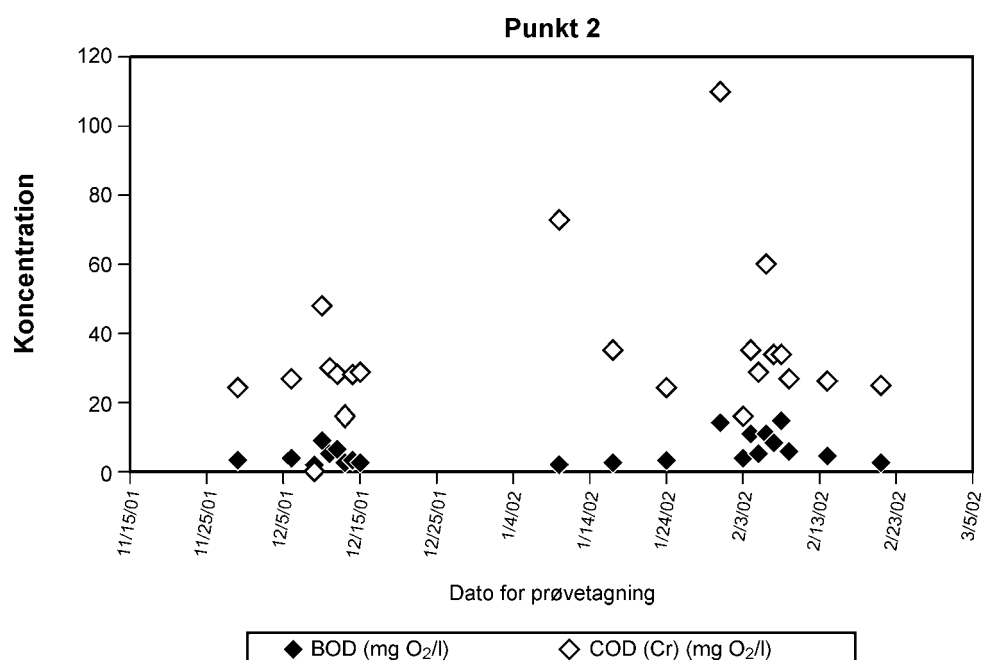
Suspenderet stof bliver i relativt stort omfang fanget af sandfiltret hvilket illustreres af at den maksimale målte værdi for udløbet (56 mg/l) er mindre end den gennemsnitlige værdi i indløbet (93 mg/l; Tabel 8.7). Også turbiditeten er væsentligt lavere efter at det grå spildevand har passeret sandfiltrene. De observerede forandringer i flere parametre indikerer nedbrydning af det organiske materiale gennem mikrobiologisk aktivitet i

sandfiltrene. F. eks. falder koncentrationen af ilt, BOD, COD og NVOC (Tabel 8.7). Det samme gør pH-værdien (Tabel 8.7). Variationen som funktion af tiden er også væsentligt mindre for BOD og COD ved udløbet sammenlignet med indløbet til anlægget (Figur 8.3).

Vandtemperaturen i ubehandlet gråt spildevand varierede mellem 18,5-27,2°C. Temperaturen af behandlet og behandlet, opbevaret gråt spildevand var generelt 2-3°C lavere end ubehandlet spildevand (19,6-24,8°C) (Bilag I).

Tabel 8.6 Resultater for prøvetagningssted 2: Udløb fra sandfilter nr. 2.

	Enhed	Gennemsnit	Minimum-maksimum	Std
Fysiske parametre				
Ledningsevne	µS/cm	1146	972-1846	18,2
Suspenderet stof	mg/l	-	<2,0-56	12,2
Temperatur	°C	22	20-23	1,1
Turbiditet	FTU	6,0	0,3-44	9,7
Kemiske parametre				
Alkalinitet	mmol/l	6,0	0,58-7,6	1,5
BOD ₅	mg O ₂ /l	5,7	1,8-15	3,9
COD (Cr)	mg O ₂ /l	-	<5,0-110	22,0
Ilt	mg O ₂ /l	3,9	0,34-7,7	2,4
NVOC	mg C/l	8,9	4,3-33	7,3
pH		7,0	6,0-7,4	0,30
Sulfid	mg/l	-	<0,02-9,3	2,6

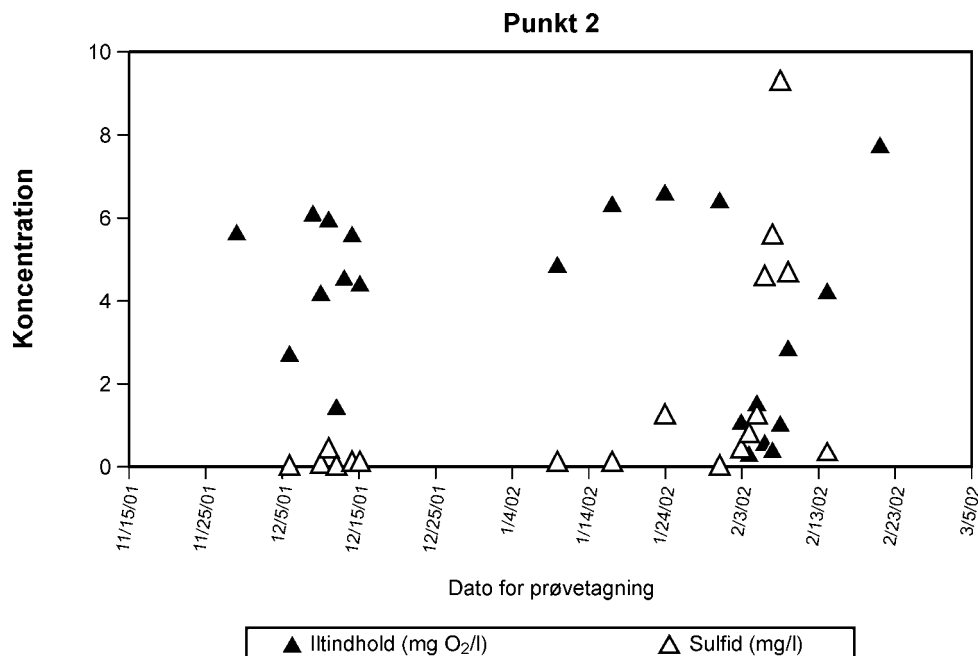


Figur 8.3 Forekomst af BOD og COD (mg ilt/l) i behandlet gråt spildevand.

Ledningsevnen stiger ved behandlingen i sandfilteret, hvilket kan skyldes frigivelse af uorganiske ioner fra filteret. Sulfid indholdet var også i nogle

tilfælde væsentligt højere efter sandfiltret, hvilket indikerer at iltindholdet ikke er stort nok for det forbrug af elektron acceptorer som nedbrydning af organisk materiale i filtren kræver.

Beluften af sandfilteret var ude af drift fra 27-01-02 til 31-01-02. Prøven taget den 31. havde som følge deraf en meget lille ilt niveau og koncentrationen af sulfid blev målt til 9,3 mg/L, se figur 8.4 og tabel 8.6.

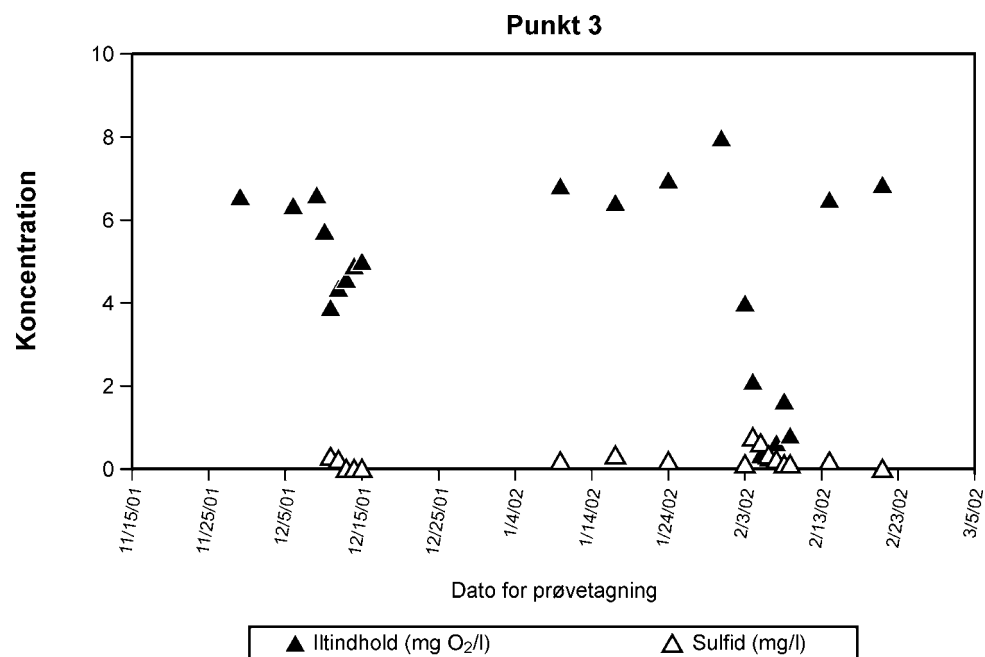


Figur 8.4 Variation af iltindhold og sulfid (mg/L) i behandlet gråt spildevand.

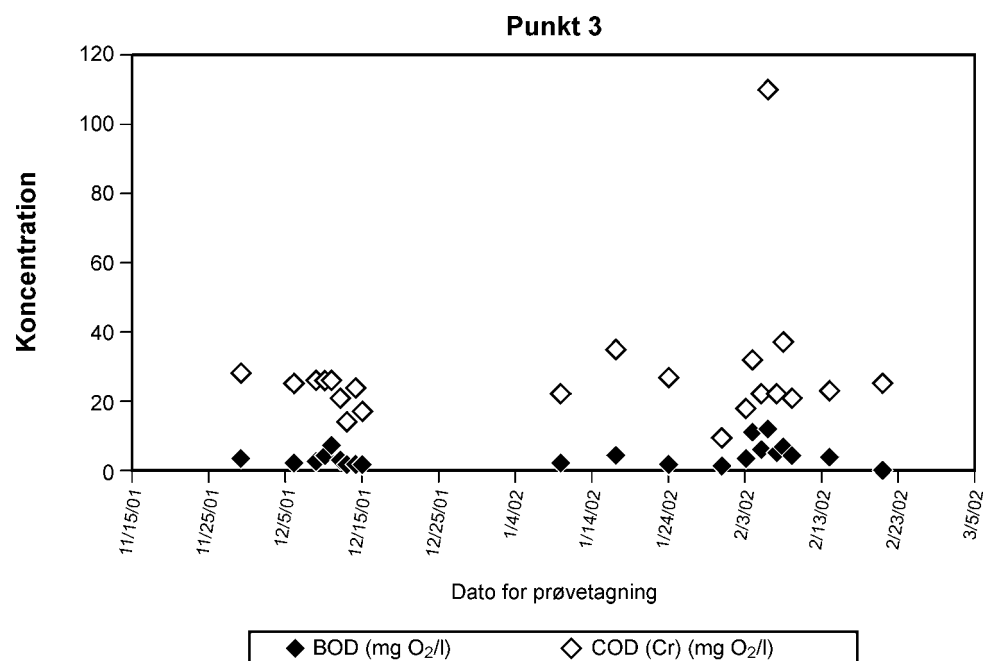
Suspenderet stof og turbiditeten reduceres yderligere til udløbet fra buffertanken sandsynligvis på grund af sedimentering. Endvidere sker der en mærkbar reduktion i BOD og NVOC men ikke i COD (Tabel 8.7). Iltten er i samme koncentrationsinterval i buffertanken som ud fra sandfilter 2 men gennemsnittet er lidt højere. Samtidigt er sulfid niveauet faldet. Gennemsnittet af pH øger med 0,3 enheder.

Tabel 8.7 Resultater for prøvetagningssted 3: Udløb fra buffertanken.

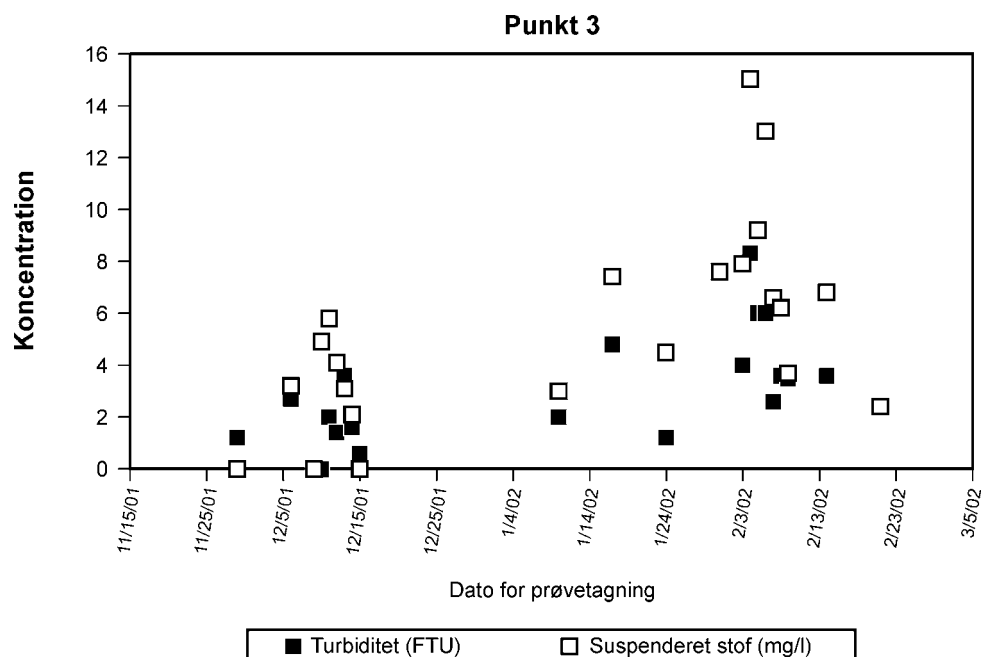
	Enhed	Gennemsnit	Minimum-maksimum	Std
Fysiske parametre				
Ledningsevne	µS/cm	1096	997-1317	8,8
Suspenderet stof	mg/l	-	<0,2-15	3,5
Temperatur	°C	22	17-25	1,1
Turbiditet	FTU	3,4	0,6-8,3	2,2
Kemiske parametre				
Alkalinitet	mmol/l	5,8	3,7-7,3	0,82
BOD ₅	mg O ₂ /l	-	<0,1-12	3,0
COD (Cr)	mg O ₂ /l	28	9,2-110	19,4
Ilt	mg O ₂ /l	4,9	0,3-8,0	2,3
NVOC	mg C/l	5,4	0,13-8,0	1,6
pH		7,3	7,0-7,6	0,14
Sulfid	mg/l	-	<0,02-0,78	0,21



Figur 8.5 Variation af iltindhold og sulfid (mg/L) i opbevaret behandlet gråt spildevand.



Figur 8.6 Variation af BODindhold og COD (mg ilt/L) i opbevaret behandlet gråt spildevand.



Figur 8.7 Forekomst af turbiditet og suspenderet stof i opbevaret behandlet gråt spildevand.

Beregninger af effektiviteten af rensning i gennem anlægget viser at organisk materiale og partikler fjernes, samt at det forbruges ilt (tabel 8.8).

Tabel 8.8 Rensningseffektivitet mellem de tre prøveudtagningssted. + indikerer fjernelse, - indikerer forhøjning.

	Rensning (%) mellem sted 1 og 2	Rensning (%) mellem sted 2 og 3
Fysiske parametre		
Ledningsevne	-17	+4,4
Suspenderet stof	94*	3,6*
Temperatur	+3,5	Intet forandring
Turbiditet	+83	+43
Kemiske parametre		
Alkalinitet	+7,7	+4,9
BOD ₅	+96	29*
COD (Cr)	87*	20*
Ilt	+30	-25
NVOC	+73	+39
pH	+11	-4
Sulfid	-361*	85*

* Estimering då det i gennemsnittet er satte at værdier f. eks <0,1 er 0,1.

8.2.2 Mikrobiologiske parametre

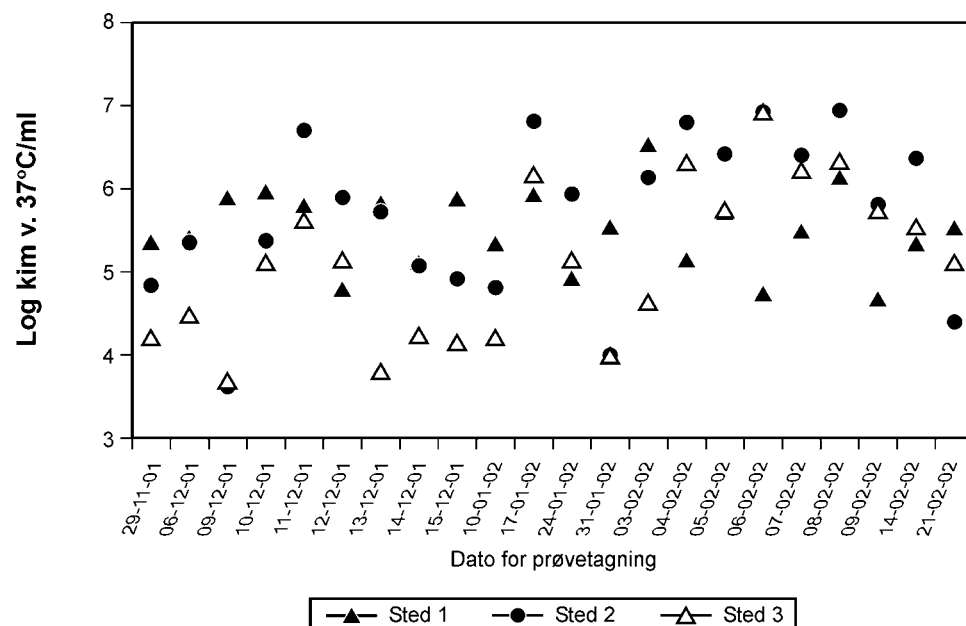
Resultaterne af de mikrobiologiske analyser er samlet vist i tabel 8.8 og i regnearket i Bilag I. For oplysninger om enkeltresultater og kimtalsværdier henvises således til Bilag I, som også indeholder resultaterne for bestemmelse af temperatur, turbiditet og pH. Disse tre fysisk-kemisk parametre er medtaget, da de kunne forventes at have indflydelse på forekomsten af de undersøgte mikrobiologiske parametre.

Ved den grafiske fremstilling af de mikrobiologiske data er disse transformeret logaritmisk for at lette den visuelle evaluering af data. Ved en logaritmisk datatransformering vil forskelle i kimtal ofte fremstå mindre, end hvis de egentlige kimtalsværdier var præsenteret. Det bør endvidere bemærkes, at prøveudtagningsdatoerne vist på figurernes x-akser ikke er angivet efter en tidsskala. Det bør også bemærkes, at de logaritmisk transformerede data er vist som kurver frem for som søjlediagrammer. Dette valg skyldes især, at søjlediagrammer ville fremstå uoverskuelige og svære at aflæse. De mikrobiologiske fund ved de enkelte prøveudtagningsdatoer er vist som en forbunden kurve for at lette påvisning af ændringer i kimtallene.

Forekomst og antal kim ved 37°C i prøver fra de tre prøveudtagningssteder er vist i figur 8.10. Antal kim ved 37 °C viste relativt store tidsmæssige variationer og der kunne ikke påvises klare forskelle i kimtallene i de tre forskellige prøvetyper. Ubehandlet gråt spildevand indeholdt mellem $4,710^4$ – $3,510^6$ kim per ml; behandlet gråt spildevand mellem $4,110^3$ – $9,110^6$ kim per ml og opbevaret behandlet gråt spildevand mellem $4,810^3$ – $8,610^6$ kim per ml (Se Bilag I og tabel 8.9). Det var ikke muligt at påvise, at spildevandsbehandlingen medførte en generel reduktion i kimtal 37 °C.

Tabel 8.9. Mikrobiologiske parametre målt i trin 2 i ubehandlet og behandlet, opbevaret gråt spildevand.

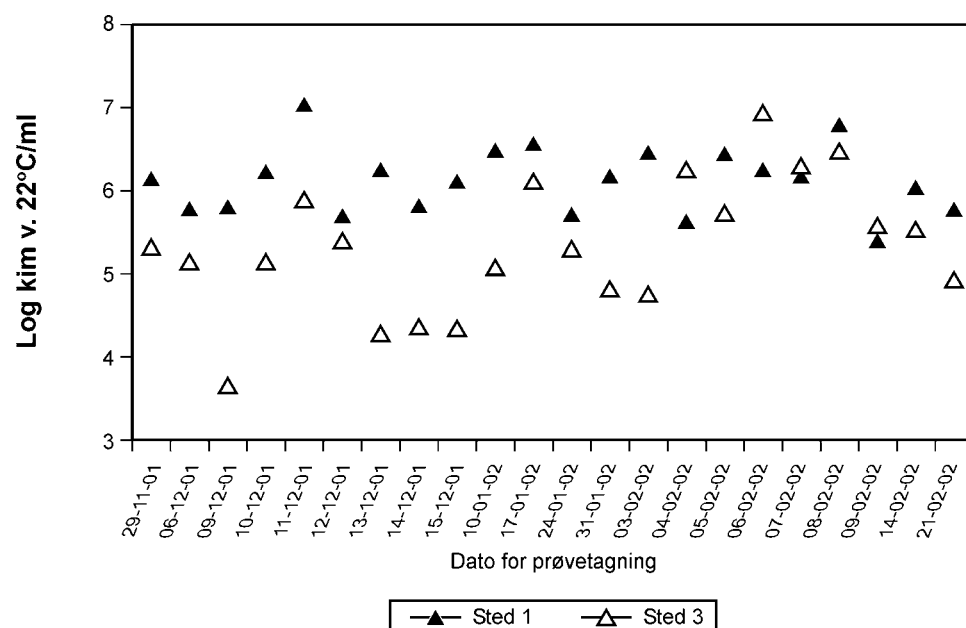
Parametre	Gennemsnit per ml	Min-max per ml	Drikkevand per 100 ml
Kimtal 37°C	570.000	47.000 -	57
Behandlet og	850.000	4.800 -	
Kimtal 22°C	2.100.000	250.000-	1,6
Ubehandlet			
Behandlet og	920.000	4.500 -	
Hæmolytiske kim 37°C	7.400	180 - 54.000	
Behandlet og	21.000	54 - 200.000	
Enterokokker	-	<10 – 120	
Behandlet og	-	<10 – 350	
<i>Clostridium perfringens</i>	<10	<10	
sporer	<10	<10	
Behandlet og			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	<10 - 2.400	
Behandlet og	-	<10 - 310	
<i>Staphylococcus</i> , koagulase positive	-	<100 - 8.100	
Behandlet og	i.d.		
<i>Aeromonas</i> , bevægelige	11.000	500 - 82.000	
Behandlet og	26.000	10 - 230.000	
	per liter	per liter	
<i>Legionella</i>	i.d.		
Behandlet og	i.d.		
i.d ikke detekteret			



Figur 8.8. Forekomst af total kim ved 37 °C i ubehandlet gråt spildevand (sted 1), behandlet gråt spildevand (sted 2) og opbevaret, behandlet gråt spildevand (sted 3). Bemærk at y-aksen er logaritmisk.

Forekomst og antal kim ved 22°C i ubehandlet og behandlet, opbevaret gråt spildevand er vist i figur 8.10. Modsat fundene for kim ved 37°C, fandtes der et generelt lavere antal kim ved 22°C i behandlet, opbevaret spildevand, især i prøver udtaget i den første del af undersøgelsen sammenlignet med kimtallen i ubehandlet, opbevaret spildevand. Ubehandlet gråt spildevand indeholdt i gennemsnit 2.100.000 kim per ml sammenlignet med behandlet, opbevaret spildevand som i gennemsnit indeholdt 910.000 kim per ml (Bilag I). Selvom der ikke blev analyseret for kimtal 22°C i behandlet gråt spildevand inden opbevaring (sted 2), så indikerer data at biofiltreringen medførte en reduktion i kimtal 22°C.

Der fandtes en positiv korrelation mellem kimtal 37°C og 22°C, i behandlet, opbevaret gråt spildevand (de fundne kimtal kan ses i Bilag I).



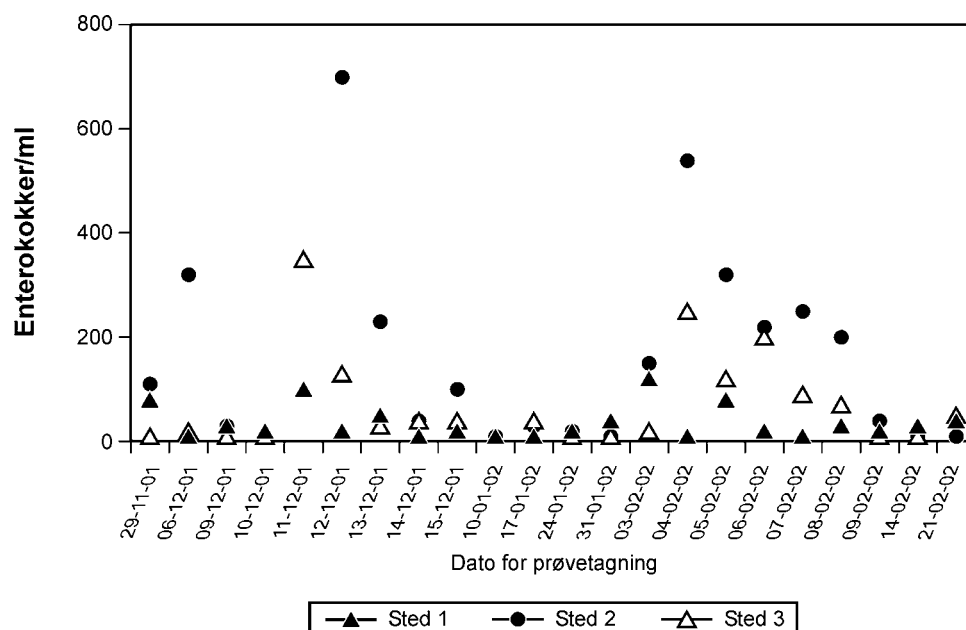
Figur 8.9 Antal total kim ved 22°C i ubehandlet gråt spildevand (sted 1) og opbevaret, behandlet gråt spildevand (sted 3). Bemærk at y-aksen er logaritmisk

Der kunne ikke påvises en korrelation mellem spildevandets temperatur og antal kim ved h.h.v. 22°C og 37°C. Den manglende korrelation mellem kimtal og temperatur kan skyldes flere faktorer, herunder begrænsede variationer i vandtemperaturerne.

Der kunne ikke påvises en korrelation mellem spildevandets turbiditet og antal kim ved h.h.v. 22°C og 37°C. Dette kan blandt andet skyldes at der i råspildevandet findes materialer der giver høj turbiditet, uden at indeholde kim i større antal. Turbiditeten i ubehandlet gråt spildevand udviste meget store variationer med værdier mellem 4,5-179 FTU. Behandlingen af det grå spildevand medførte en generel reduktion i turbiditeten, som typisk varierede mellem 0,6-8,3 FTU i det behandlede spildevand (se Bilag I og tabeller 8.6-8.9).

Antal hæmolytiske kim ved 37°C viste relativt store tidsmæssige variationer og der kunne ikke påvises klare forskelle i kimtallene i de tre forskellige prøvetyper (Bilag I). Der fandtes typisk omkring 10^3 - 10^4 hæmolytiske kim per ml. Sammenlignes antallet af hæmolytiske kim ved 37°C med total kim 37°C, var der generelt en god korrelation, hvor antallet af sidstnævnte typisk var en faktor 100 lavere (de fundne kimtal er opstillet i Bilag I).

Antal enterokokker i prøver fra de tre prøveudtagningssteder er vist i figur 8.11. Antal enterokokker i ubehandlet spildevand varierede fra < 10 - 120 per ml med et gennemsnit på 30 enterokokker per ml. Der kunne ikke påvises enterokokker i to af prøverne. Antal enterokokker i behandlet gråt



Figur 8.10 Antal enterokokker i ubehandlet gråt spildevand (sted 1), behandlet gråt spildevand (sted 2) og opbevaret, behandlet gråt spildevand (sted 3).

spildevand varierede mellem 10-1.500 kim per ml. med et gennemsnit på 220 enterokokker per ml. Der kunne ikke påvises enterokokker i fire af prøverne. I behandlet, opbevaret gråt spildevand fandtes mellem 10-350 enterokokker per ml med gennemsnitlig 70 enterokokker per ml. Der kunne ikke påvises enterokokker i fire af disse prøver. Der fandtes relativt høje antal enterokokker i både behandlet og behandlet, opbevaret gråt spildevand i to perioder (figur 8.11). En prøve af behandlet gråt spildevand udtaget d. 11-12-01 indeholdt 1.500 enterokokker per ml. Der foreligger ikke nogen forklaring på dette relative høje antal enterokokker. Ubehandlet gråt spildevand indeholdt et relativt lavt antal enterokokker. Sandfiltreringen medførte en gennemsnitlig cirka 10-folds stigning i antallet af enterokokker, sandsynligvis som følge af vækst og afstødning af enterokokker i og fra filtrenes biofilm. Behandlet, opbevaret gråt spildevand indeholdt et lavt antal enterokokker og det må derfor forventes, at enterokokker vil blive tilført toiletcisterne ved anvendelse af det behandlede, opbevarede spildevand til toiletskyl.

Der blev ikke påvist *Cl. perfringens*, inklusiv sporer, i prøver af såvel ubehandlet, behandlet som behandlet opbevaret gråt spildevand (Bilag I). Ved fækkalt forurenede spildevand vil *Clostridium perfringens* normalt forventes påvist, se kap 8.3.

Der blev påvist koagulase-positive stafylokokker i 4 ud af 22 prøver af ubehandlet gråt spildevand (tabel 8.9). Det bemærkes, at påvisningsgrænsen for koagulase-positive stafylokokker var 100 per ml. Detektionsgrænsen i analyserne foretaget d. 15-12-01 og 03-02-02 var dog forhøjet til 1.000 per ml. Dette skyldes ifølge ROVESTA I/S analyserapporter overvækst ved analyse af 0,01 ml, mens ingen kolonier i 0,001 ml kunne verificeres som staphylococci. Der kunne ikke påvises koagulase-positive stafylokokker i behandlet, opbevaret spildevand. Sandfiltreringen ser ud til at medføre en fjernelse af de koagulase-positive stafylokokker, ligesom disse ikke udviser

vækst ved opbevaring af det behandlede grå spildevand. Indholdet af ***Pseudomonas aeruginosa*** i ubehandlet grå spildevand varierede betydeligt mellem 10-2.400 kim per ml med et gennemsnit på 330 kim per ml (Bilag I). Der kunne ikke påvises ***Pseud. aeruginosa*** i 6 ud af 22 prøver, hvoraf de fleste blev indsamlet sidst i undersøgelsesperioden. Kun i halvdelen af prøverne af behandlet, opbevaret grå spildevand blev der fundet ***Pseud. aeruginosa***, og disse påvises i lave antal. Analogt til de koagulase-positive stafylokokker medførte biofiltreringen en reduktion i antal ***Pseud. aeruginosa***, som heller ikke syntes at udvise vækst ved opbevaring af det behandlede grå spildevand.

Der blev påvist bevægelige ***Aeromonas*** spp. i alle prøver af ubehandlet grå spildevand, og i alle undtagen en prøve af behandlet, opbevaret grå spildevand (Bilag I). Ubehandlet grå spildevand indeholdt mellem 590-82.000 ***Aeromonas*** spp. per ml med et gennemsnit på 11.000 per ml (anneks 1). Antal bevægelige ***Aeromonas*** spp. i behandlet, opbevaret grå spildevand varierede betydeligt mellem 10-230.000 per ml, med et gennemsnit på 26.000 per ml. Der fandtes meget høje antal bevægelige ***Aeromonas*** spp. i det behandlede spildevand d. i tre prøver (130.000 – 230.000 per ml). Det er usikkert om biofiltreringen medførte en reduktion i antallet af bevægelige ***Aeromonas*** spp.. Der ses et generelt højere antal bevægelige ***Aeromonas*** spp. i ubehandlet grå spildevand i undersøgelsens første del, hvorimod dette ikke var tilfældet i prøver fra de sidste udtagninger. Der kan ikke gives en forklaring på de meget høje antal ***Aeromonas*** spp. i behandlet, opbevaret spildevand i den sidste del af undersøgelsen. Det er endvidere uvist om der forekom eller kan forekomme en opformering af bevægelige ***Aeromonas*** spp. under opbevaring af det behandlede grå spildevand.

Der kunne ikke påvises ***Legionella*** i ubehandlet og behandlet, opbevaret grå spildevand (Bilag I).

Der blev generelt påvist en ringe reduktion i antallet af mikrobiologiske parametre efter passage gennem sandfiltrene, inklusiv i antallet af den fækale indikatorbakterie enterokokker. Flere af de undersøgte mikrobiologiske parametre syntes at kunne vokse i sandfiltrene.

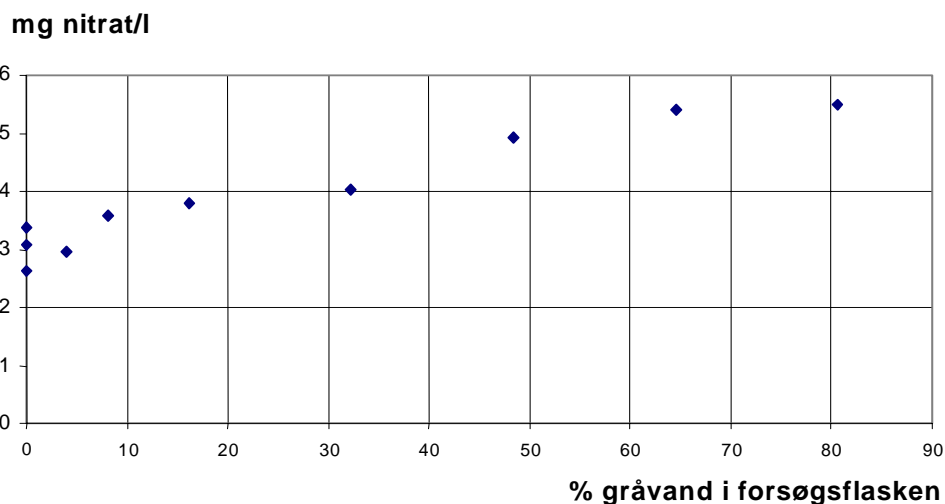
Antal kim ved 37°C, herunder antal hæmolytiske kim, viste relativt store tidsmæssige variationer og der kunne ikke påvises klare forskelle i kimtallene i de tre forskellige prøvetyper. Resultaterne indikerer at kimtal 37°C var tilstede i og blev løbende afstødt fra biofilmen i sandfiltrene, samt at disse kim kunne vokse i opbevaringstanken.

Sandfiltreringen medførte en gennemsnitlig cirka 10-folds stigning i antallet af enterokokker, muligvis som følge af vækst og afstødning af enterokokker i og fra filtrenes biofilm. Det må derfor forventes, at enterokokker vil blive tilført toiletcisterne ved anvendelse af det behandlede, opbevarede spildevand til toiletskyl.

Der fandtes ikke koagulase-positive stafylokokker og kun et meget lille antal ***Pseud. aeruginosa*** i behandlet, opbevaret spildevand. Biofiltreringen ser således ud til at medfører en fjernelse af disse to indikatorer, ligesom disse ikke udviser vækst ved opbevaring af det behandlede grå spildevand.

8.2.3 Inhiberingstest for nitrifikation

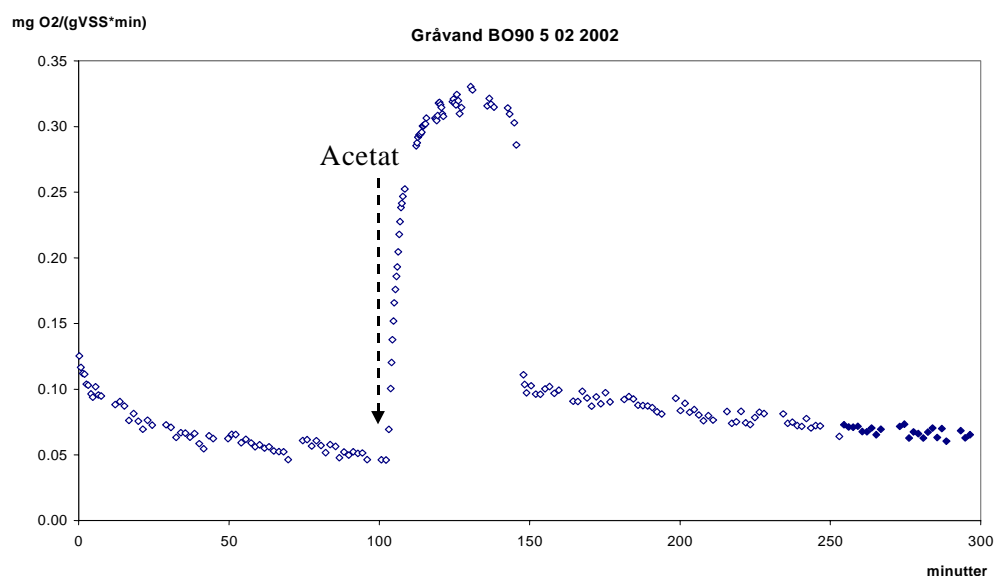
Det grå spildevand fra BO-90 havde generelt ingen til en svagt stimulerende effekt på nitrifikationen. Denne svage stimulering kan skyldes tilførsel af mikronæringssalte med spildevandet. Prøven taget 10-01-02 viste dog en klar stimulerende effekt, se figur 8.12. Denne effekt er for kraftig til alene at skyldes tilførsel af mikronæringssalte, men må formodes at stamme fra en tilførsel af nitrifikanter med det behandlede spildevand fra sandfilteret.



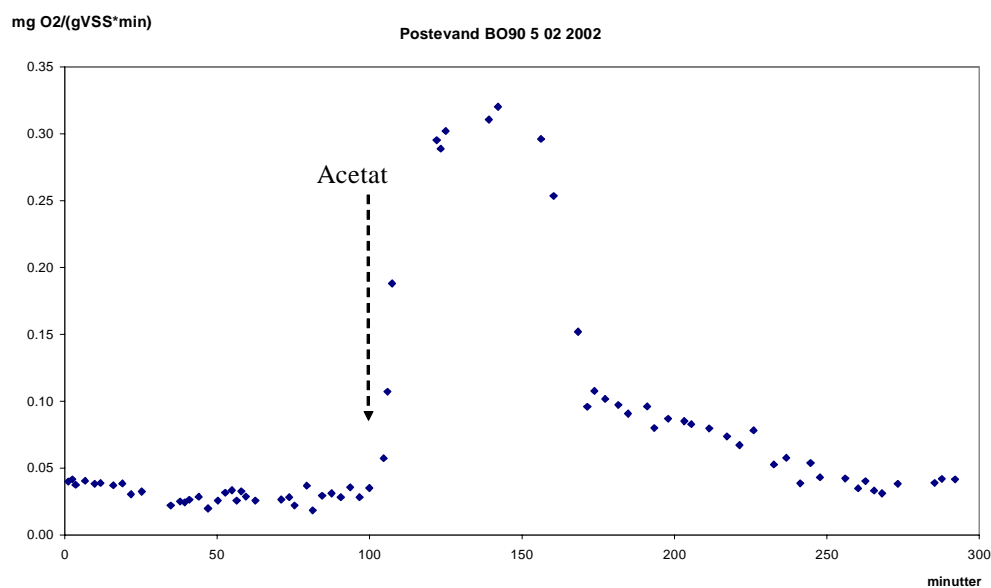
Figur 8.11. Nitrat produceret efter 2 timer ved fra 4% til 80,6 % gråvand i opløsningen, analyse af prøve fra afløbet fra sandfilteret, prøvested 2 fra d. 10/1 2002.

8.2.4 OUR respirationstest

Typiske OUR respirogrammer for gråvand fra afløbet fra sandfilteret, og postevand kan ses på figur 8.13 og 8.14. I tabel 8.10 ses resultatet af OUR analyserne af de 22 prøver på gråt spildevand. Spildevandets indhold af biologisk omsætteligt organisk materiale varierer fra 0,5 – 21,6 mg/l. Hovedparten heraf kan karakteriseres som let hydrolyserbart organisk materiale. Der var kun en enkelt dag hvor der kunne konstateres tilstedeværelse af let omsætteligt organisk materiale, den 12. December 2001, hvor indholdet heraf blev målt 1,1 mg/l.



Figur 8.12 Il t forbrugs rate (OUR) målt på gråvand fra BO-90 d.5. februar 2002. Acetat blev tilsat efter 100 minutter.



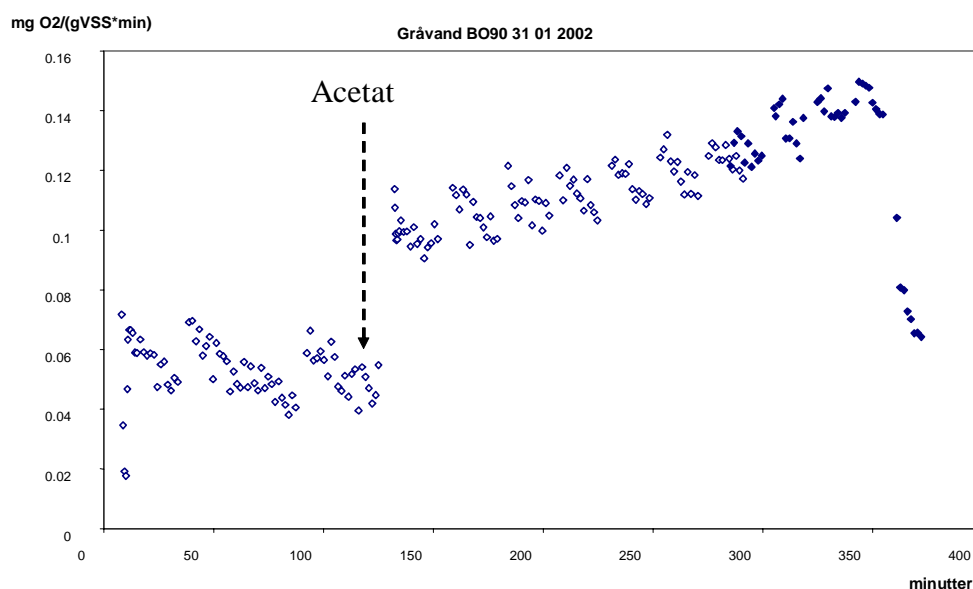
Figur 8.13 Il t forbrugs rate (OUR) målt på postevand d.5. februar 2002. Acetat blev tilsat efter 100 minutter.

Beluftningen af sandfilteret var ude af drift fra d. 27//1 til d. 31/1. Prøven taget den 31/1 2002 havde som følge deraf et pH på 4,31, hvilket var hæmmende for de biologiske processer, se figur 8.23 og 8.24. Der blev ikke konstateret hæmning i de øvrige prøver. Ved tilsætningen af hårfarve til gråvandet, kunne der ikke konstateres en hæmmende effekt heraf ved OUR analysen.

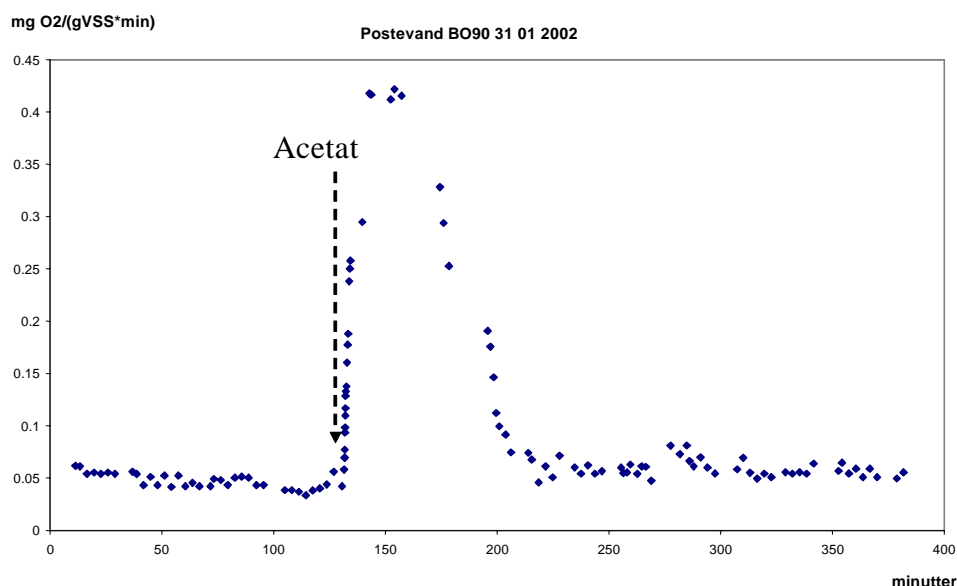
Tabel 8.10 Karakterisering af organisk materiale ved OUR analyse.

Dato for prøvetagning og analyse	Let omsætteligt organisk materiale (mgO ₂ /liter)	Let hydrolyserbart organisk materiale
29-11-2001		21,6
06-12-2001		5,7
09-12-2001		3,7
10-12-2001		11,2
11-12-2001		3,8
12-12-2001	1,1	9,3
13-12-2001		8,9
14-12-2001		3,4
15-12-2001		6,2
10-01-2002		4,6
17-01-2002		0,5
24-01-2002		3,0
31-01-2002		0,8
03-02-2002		1,9
04-02-2002		3,8
05-02-2002		4,0
06-02-2002		6,8
07-02-2002		4,0
08-02-2002		8,3
09-02-2002		4,7
14-02-2002		1,1
21-02-2002		2,2

Når beluftningen af sandfilteret fungerer, ses der ikke en hæmning af iltrespirationen. Selv ikke ved tilsætning af hårfarve. Ved en OUR bestemmes indholdet af letomsættelig og let hydrolysesbart organisk materiale, mens de svært omsættelige og inerte fraktioner ikke kan bestemmes. Spildevandets indhold af biologisk omsætteligt organisk materiale er gennemsnitlig på 5,5 mg/l. Kun ved en enkelt måling kunne der konstateres tilstedeværelse af let omsætteligt organisk materiale, ellers forekommer det organiske materiale som let hydrolyserbart.



Figur 8.14 Ilt forbrugs rate (OUR) målt på gråvand fra BO-90 d.31.



Januar 2002. Acetat blev tilsat efter 125 minutter.

Figur 8.15 Ilt forbrugs rate (OUR) målt på postevand d.31. Januar 2002. Acetat blev tilsat efter 125 minutter.

8.3 Komplementerende analyser af miljøfremmede stoffer

Sideløbende med at inventeringsmetoden blev afprøvet på BO-90 blev der udtaget prøver af gråt spildevand ved indløbet til rensningsanlægget på BO-90, for kompletterende analyse af miljøfremmede stoffer. Undersøgelsen af prøverne og sammenstillingen med resultaterne fra inventeringen er publiceret i sin helhed i en artikel af Eriksson og kolleger (2003). Der gives her et sammendrag af resultaterne fra dette studie der består af en kvalitativ screening for miljøfremmede stoffer samt kvantitative analyser af nogle udvalgte stoffer, fedtsyrer og BTEXer.

I den kvantitative screening blev der fundet 191 miljøfremmede organiske stoffer tilhørende grupperne; overfladeaktive stoffer, emulgatorer, duft- og smagsstoffer, opløsningsmidler, blødgørere, UV-filtre og en blandet gruppe. Resultaterne findes i tabel 8.11, hvor også de semikvantitative resultater er præsenteret.

En begrænsning ved metoden var at det ikke var muligt at analysere for mange af de overfladeaktive stoffer med den valgte analysemetode (fastfase ekstraktion og GC-MS analyse), fordi det kun er varme stabile forbindelser, der er tilstrækkelig flygtige til at kunne analyseres vha. GC-analysering.

Halvdelen af de identificerede stoffer er langkædede fedtsyrer (C_5 - C_{24}), og deres estere dvs. methyl-, hexadecyl og octadecyl-estere. Gruppen af overfladeaktive stoffer domineres af langkædede fedtsyre, fedtsyre estere og fedtsyre amider. Nonyl- og octylphenol blev fundet i det grå spildevand, men ingen af de tilsvarende ethoxylater.

Emulgatorerne bruges for at forhindre at vand og fedt i husholdningskemikalierne danner to faser, og karakteriseres ved at molekylet består af en polær og en upolær del. De var i undersøgelsen tilstede i relativt høje koncentrationer, f.eks. blev hexadecanol og octadecanol fundet i koncentrationerne 64 µg/L hhv. 117 µg/L (tabel 8.10).

Der blev fundet mere end 40 stoffer i gruppen af duft- og smagsstoffer bl.a. citronellol, eucalyptol, eugenol og mentol. Mentol anvendes i stor udstrækning som smagsstof i tandpasta. Caffein stammer fra sodavand, kaffe og te. Generelt findes stofferne i lave koncentrationer (< 10 µg/l) med få undtagelser (eks. hexadecansyre, mentol og squalen).

I gruppen konserveringsmidler findes antioxidant og konserveringsmidler. Blandt antioxidanterne er butyleret hydroxytoluen (BHT), butyleret hydroxyanisol (BHA) og citronsyre fundet. Blandt konserveringsmidlerne er der fundet ethyl- og methylparaben, triclosan og benzoesyre. Parabenerne er bl.a. tilsat kosmetiske produkter for at hæmme biologisk vækst og rengøringsmidler og triclosan der er et antibakteriel middel anvendes i f. eks. tandpasta og er fundet i koncentrationen 0,6 µg/l (tabel 8.11). Benzoesyre bruges som konserveringsmiddel i hygiejne produkter men anvendes også i fødevarer som saft og sylt.

Der blev identificeret et pesticid, malathion, som stammer fra en luseshampo der kun kan købes på apoteket.

Under inventeringen blev der fundet ni blødgørere. Den gruppe der optræder hyppigst er phthalaterne: bis(2-ethylhexyl)-, dibutyl-, diethyl-, dimethyl- og monoethyl phthalat. To stoffer der i strukturen ligner bis(2-ethylhexyl) phthalat meget blev også fundet; bis(2-ethylhexyl) adipat (diester af hexandisyre) og bis(2-ethylhexyl) sebacat (diester af dekandisyre).

I grävandsprøverne blev der fundet et UV-filter (3-(4-methoxyphenol)-2-propensyre også kendt som Parasol MCX). Stoffet er fundet i koncentrationen 0,5 µg/l (tabel 8.11).

Opløsningsmidlerne domineres af alkener og alkoholer, mens der kun er fundet få aromater.

Gruppen "Blandede stoffer" omfatter stoffer for hvilke et anvendelsesformål ikke har kunnet fastslås eller med kun få stoffer af en given type. Gruppen består af 64 stoffer og blandt dem er der fundet antallet i det grå spildevand fra BO-90, som ikke er fundet i husholdnings- og hygiejneprodukterne, men som findes i medicin (eksempelvis acetaminophen også kaldt paracetamol), flammehæmmere og nydelsesstoffer (nikotin). Medicinske rester og nydelsesstoffer kan tilføres gråvandet under tandbørstning og vask (i munden eller tilstede på huden eller stamme fra urinering (under badning)). Flammehæmmende midler, tri-(2-chlorethyl) fosfat og triphenyl fosfat, kan stamme fra tøj og overføres huden ved brug, hvorefter de vaskes af under brusebadning.

Tilstedeværelsen af kolesterol og coprostanol såvel som andre fækale steroler indikerer, at det grå spildevand kontamineres fækal.

Under den kvantitative analyse af grå spildevandsprøver blev der analyseret for 12 fede syrer og 19 BTEX'er og andre små aromatiske stoffer.

Tabel 8.11 Miljøfremmede organiske stoffer fundet ved screening af gråt spildevand. Semikvantitative koncentrationer er angivet i µg/L.

Stoffer	µg/L	Stoffer	µg/L
Overfladeaktive stoffer:		UV filtre:	
15-Octadecen syre		Parasol MCX	0,5
1-Dodecanol	11,3	Opløsningsmidler:	
2-(Dodecyloxy)-ethanol	37,3	1,13-Tetradecadien	1,8
2-(Tetradecyloxy)-ethanol	18,7	1,3-Dioxolan	1,7
9-Methyltetradecan syre	2,7	1,8-Nonanediol, 8-methyl-	0,6
Dodecanamid, N-(2-hydroxyethyl)-	0,8	1-Decen	0,6
Dodecanamid, N,N-bis(2-hydroxyethyl)-	14,3	1-Docosen	1,6
Dodecan syre	15,0	1-Nonadecen	0,8
Hexadecan syre, 1,2-ethanediyl ester	8,2	1-Tetradecen	0,5
Hexadecan syre, hexadecyl ester	4,5	2-Hexadecanol	6,1
Nonylphenol	0,4	2-Hexanol	0,3
Octadecan syre	4,2	2-Hexanon	0,6
Octadecan syre, butyl ester	0,2	3-Dodecen	0,4
Octadecan syre, 2-hydroxyethyl ester	0,9	3- & 5-Eicosen, (E)-	7,3&5,2
Octadecan syre, 2-methylpropyl ester	0,3	3- & 5-Octadecen, (E)-	0,5&0,4
p-Octylphenol	0,2	4-Dodecen	0,5
Tetracosan syre, methyl ester	0,6	4-Heptanon	1,4
Tetradecan syre	12,6	7-Tetradecene	0,2
Tetradecan syre, 12-methyl-	1,8	Acetamid	8,6
Tetradecan syre, 12-methyl-, methyl ester	1,8	Cyclohexadecan	21,1
Tetradecan syre, dodecyl ester	1,2	Cyclotetradecan	4,8
Emulgatorer:		Decan	4,2
1-Hexadecanol	63,7	Dodecan	1,2
1-Octadecanol	117	Eicosan	4,1
9-Octadecen syre	27,4	Ethylbenzen	2,0
9-Octadecen syre (Z)-, methyl	18,0	Nonan	0,2

ester			
Cyclododecan	8,1	Octadecan	1,1
Isopropyl myristat	1,6	Svovlsyre, dimethyl ester	0,1
N,N-dimethyl-1-dodecanamin	7,4	Toluen	1,4
Octadecan syre, methyl ester	4,6	Tridecan	2,0
Duft- og smagsstoffer:		Xylen, m-	3,5
α-Methyl-benzenemethanol	0,1	Xylen, o-	0,6
1-Dodecen	4,2	Blandet:	
1-Hexadecen	0,4	β-Sitosterol	0,7
3-Hexanol	0,7	1,1-Dodecanediol, diacetate	0,8
3-Hexanon	0,3	1,2-Ethanediamine, N-ethyl-	1,2
4-Methoxy-benzosyre	12,7	11-Hexadecen syre	0,5
4-Methyl-phenol	3,1	11-Hexadecen syre, methyl ester	3,7
6-Methyl-5-hepten-2-on	0,1	1-Octadecen	2,4
Anise camphor	0,5	2-Methyl-butan syre, methyl ester	1,8
Butan syre, butyl ester	0,9	3-Methyl-butan syre, methyl ester	1,5
Caffein	0,5	4-Heptanon, 3-ethyl-	0,2
Camphor	9,1	4-Methyl-pentan syre, methyl ester	1,1
Carvone	0,5	7-Hexadecen syre, methyl ester, (Z)-	4,2
Citronellol	2,8	8,11-Octadecadien syre, methyl ester	15,5
Coumarin	1,0	9,12-Octadecadien syre, methyl ester	7,5
Decan syre	1,2	9-Hexadecen syre	18,7
Dihydromyrcenol	8,9	9-Hexadecen syre, eicosyl ester, (Z)-	5,1
Dodecanal	0,9	9-Hexadecen syre, methyl ester, (Z)-	31,3
		9-Hexadecen syre, octadecyl ester, (Z)-	4,8
Dodecan syre, methyl ester	2,2	9-Hexadecen syre, tetradecyl ester	3,2
Eucalyptol	0,1	9-Octadecenamid, (Z)-	0,6
Eugenol	1,0	9-Octadecen syre (E-), octadecyl ester	10,6
Farnesol	1,0	9-Octadecen syre (Z)-, 9-hexadecenyl ester, (Z)-	2,9
Geraniol	0,8	9-Octadecen syre (Z)-, 9-octadecenyl ester, (Z)-	2,0
Geranyl acetone	0,6	9-Octadecen syre (Z)-, octadecyl ester	7,8
Hexadecan syre	76,9	9-Octadecen syre, methyl ester, (E)-	2,2
Hexyl cinnamisk aldehyd	0,7	Acetaminophen	1,5
Homomyrtenol	0,9	Acetic acid, octadecyl ester	2,5
Hydroxycitronellol	0,2	Benzenesulfon syre, methyl ester	1,1
Indol	3,8	Cholest-4-en-3-on	0,9
Isoeugenol	0,6	Cholest-5-en-3-on	2,4
Linalool	15,4	Cholesta-3,5-dien	12,8
Linalyl propanoat	1,3	Cholesterol	28,6
Menthol	32,6	Cholesterol acetat	4,9
Menthon	0,9	Coprostanol	0,2
Methyl abietat	1,4	Decanamide, N-(2-hydroxyethyl)-	3,2
Methyl dihydroabietat	1,1	Docosan syre, methyl ester	0,9
Methyl dihydrojasmonat	3,9	Dodecan syre, dodecyl ester	2,1
Phenylethyl alcohol	0,6	Dodecan syre, hexadecyl ester	5,3
Squalen	133	Dodecan syre, tetradecyl ester	3,0
Terpineol	1,2	Eicosan syre	1,3
Tetradecan syre, methyl ester	3,1	Eicosan syre, methyl ester	0,6
Thymol	2,5	Glycerol β-palmitat	3,8
Konserveringsmidler:		Heptadecans syre, methyl ester	1,7
2-Phenoxy ethanol	24,8	Hexadecanamide	0,7
Acetic syre, phenoxy-	4,0	Hexadecan syre, 14-methyl-, methyl	1,1
Benzo syre	0,5		

Benzo syre, 4-hydroxy-	1,0	ester	
Butyleret hydroxyanisol (BHA)	0,5	Hexadecan syre, octadecyl ester	3,4
Butyleret hydroxytoluen (BHT)	4,5	Hexadecan syre, tetradecyl ester	5,3
Citronsyre	15,0	Hexadecen syre, methyl ester	3,9
Ethylparaben	0,6	Hexan syre, methyl ester	10,1
Malathion	1,9	Lanosta-8,24-dien-3 β -ol	0,6
		Nicotin	1,2
Methylparaben	2,6	Octadecan syre, 2-[(1-oxohexadecyl)oxy]ethyl ester	2,8
Octan syre	3,0	Octadecen syre, methyl ester (\neq 9-)	9,7
Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-(methoxymethyl)-	0,4	Pentadecan syre, methyl ester	1,8
Salicylsyre	0,6	Pentan syre, methyl ester	1,1
Triclosan	0,6	Phenol, m-tert-butyl-	0,9
Blødgørere & plastizicere:		Propan syre, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediyl ester	0,5
2-Ethyl-1-hexanol	8,5	Propan syre, 2-methyl-, 2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy-1-methylethyl)propyl ester	1,1
Bis(2-ethylhexyl) phthalat	9,8	Propan syre, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester	0,3
Decanedi syre, bis(2-ethylhexyl) ester	1,0	Provitamin D3	3,1
Dibutyl phthalat	3,1	Tetradecan syre, 9-methyl-, methyl ester	0,5
Diethyl phthalat	4,0	Tetradecan syre, hexadecyl ester	6,5
Dimethyl phthalat	4,9	Tri(2-chloroethyl) fosfat	0,4
Hexadecansyre, methyl ester	14,2	Tridecan syre, methyl ester	1,2
Hexanedisyre, bis(2-ethylhexyl) ester	1,0	Triphenyl fosfat	0,5
Mono 2-ethylhexyl phthalat	1,7		

Fedtsyrerne er fundet i koncentrationsintervallet $< 0,0005 - 27$ mg/l (tabel 8.12). Kun et fåtal af de flygtige BTEX og naphthalen stoffer blev fundet. Ved de tilfælde aromater er fundet er de tilstede i højere koncentrationer end i postevand.

Tabel 8.12 Resultater fra kvantitative analyser

Stof	Enhed	Koncentrationsinterval ¹	Postevand ²
Langkædede fedtsyrer	$\mu\text{g/L}$	$<0,5-27000$	-
1-Methylnaphthalen	$\mu\text{g/L}$	$<4,3$	$<0,1$
1,2,3-Trimethylbenzen	$\mu\text{g/L}$	$<9,7$	-
1,2,4-Trimethylbenzen	$\mu\text{g/L}$	$<9,5$	-
1,3,5-Trimethylbenzen	$\mu\text{g/L}$	$<9,6$	-
2-Ethyltoluen	$\mu\text{g/L}$	$<9,6$	-
2-Methylnaphthalen	$\mu\text{g/L}$	$<4,5$	$<0,1$
4-Ethyltoluen	$\mu\text{g/L}$	$<9,0$	-
Benzen	$\mu\text{g/L}$	$<1,9$	$<0,1$
Camphor	$\mu\text{g/L}$	9,1-11,4	-
Ethylbenzen	$\mu\text{g/L}$	1,9-2,1	$<0,1$
Fenchon	$\mu\text{g/L}$	$<5,8$	-
Isopropylbenzen	$\mu\text{g/L}$	$<5,5$	-
Methylnitrobenzen	$\mu\text{g/L}$	$<3,6$	-

n-Propylbenzen	µg/L	<5,6	-
Naphthalen	µg/L	<4,5	-
Nitrobenzen	µg/L	<15	-
Toluen	µg/L	1,3-1,6	<0,1
Xylen, o-	µg/L	0,5-0,7	<0,1
Xylen, m,p-	µg/L	3,4-3,6	<0,1

1 Eriksson *et al.*, 2003

2 Københavns Vand, 2000

En kompletterende farlighedsvurdering på de identificerede 201 organiske stoffer er lavet for at finde ud hvis de potentielt udgør en fare for akvatisk miljø og mennesker (Eriksson et al., 2002B).

8.4 Sammenstilling af resultater

I dette kapitel er samtlige resultater fra målinger i indløbet til grävands anlægget på BO-90 samlet (Tabel 8.13). Dette inkluderer målingerne foretaget i trin 1 og trin 2 (prøveudtagningssted 1) af måleprogrammet, samt samtlige andre målinger som er blevet lavet i forbindelse med et PhD projekt og en række studenter projekter på Miljø & Ressourcer DTU.

Parametrene temperatur og pH måles generelt i forbindelse med prøveudtagninger, derfor er antallet af målinger foretaget for disse parametre stort (hhv. 176 og 212). Antallet af målinger er også forholdsvis stort (> 50, tabel 8.13) for en række andre parametre (ammonium, elektrisk ledningsevne, ilt, orthofosfat, suspenderet stof, sulfid, TOC, turbiditet og totalt tørstof), hvilket giver et forholdsvis godt grundlag for at vurdere et typisk koncentrations interval for disse parametre i grävand fra BO-90.

Temperaturen varierer mellem 18 og 31°C, med et gennemsnit på 23°C, mens tilsvarende interval for pH er 7.1-8.6 og med et observeret gennemsnit omkring 8.0. Den maksimale pH-værdi i grävandet fra BO-90 er lidt større end hvad der tidligere er fundet for grävand fra badeværelser (tabel 3.3). De fundne temperaturer og pH-værdier tillader således god overlevelse og eventuel vækst af de fleste bakterielle mikroorganismer.

De målte maksimum koncentrationerne for BOD, Total-N, suspenderet stof og TOC er større end de der tidligere er fundet i gråt spildevand fra badeværelser, mens tilsvarende værdier for ammonium, COD, elektrisk ledningsevne, ilt, nitrat, pH, sulfat, total-P og turbiditet er indenfor tidligere rapporterede intervaller. For sulfid har det ikke været muligt at finde data at sammenligne med. De forholdsvis høje indhold af BOD, COD, TOC og totalt tørstof i grävandet fra BO-90 ved enkelt tilfældet skyldes anvendelsen af husholdningskemikalier. Den store variation i de målte koncentrationerne (tabel 8.13) skyldes at prøverne er blevet taget ved udløbet fra fælles stammen og derfor er en direkte funktion af aktiviteter i badeværelserne.

Samtlige metaller er målt forholdsvis få gange (1-9). Blandt dem er antimon, tin og vanadium målt henholdsvis kun en gang hver. Det skal dog bemærkes at det ikke har været muligt at finde nogle målinger for disse tre metaller i litteraturen, ej heller for molybdæn og strontium. For de øvrige metallerne ligger de målte koncentrationerne fra BO-90 indenfor tidligere observerede intervaller, med undtagelse for calcium, krom, magnesium, natrium og silicium. Forklaringen kan findes i den naturlige forekomst af disse metaller i

dansk grundvand og dermed i postevandet, med undtagelse for krom som med stor sandsynlighed stammer fra installationer.

For langt de fleste af de miljøfremmede organiske stofferne er det stadig forholdsvist få målinger (5). Det er kun PAHer/BTEXer og fedtsyrererne (C_8 - C_{18}) der er analyseret for >20 gange. Men det skal noteres at for de organiske miljøfremmede stofferne er disse målinger, de eneste som er publiceret med undtagelse for en for nyligt udkommen licentiat afhandling (Palmquist og Hanæus, 2001).

Indholdet af bakterier ligger indenfor de samme intervaller som man tidligere har fundet andre steder. Men også her kan man notere at antallet studier at sammenligne med er begrænset.

Tabel 8.13 Sammenfatning af analyseresultater fra indløbet på BO-90

	Enhed	Antal prøver	Gennemsnit	Minimum-maksimum	Std
Fysiske parametre					
Elektriskledningsevne	µS/cm	63	884	452-1809	229
Suspenderet stof	mg/l	89	78	9-988	113
Temperatur	°C	176	22.9	18.3-31.0	2.7
Turbiditet	NTU	132	27.5	4.45-179	26.5
Total tørstof	mg/l	85	659	301-2888	258
Kemiske parametre					
Alkalinitet	mekv/l	24	6.5	5.4-13.5	1.8
Ammonium	mg/l	118	0.9	0.02-11.0	1.8
BOD ₅	mg O ₂ /l	58	99	18-550	94
BOD ₇	mg/l	5	56	26-130	43
COD _{Cr}	mg O ₂ /l	46	191	46-940	168
COD _{Filt}	mg O ₂ /l	6	71	35-129	43
Ilt	mg O ₂ /l	122	5.6	0.39-9.8	1.4
Klorid	mg/l	31	65.5	50.7-88.0	10.2
Nitrat	mg/l	36	-	<0.02-1.00	0.25
Nitrit	mg/l	21	-	<0.1-0.30	0.08
NVOC	mg C/l	22	33	7-180	44
Orthofosfat	mg/l	93	-	<0.05-8.1	1.4
P	mg/l	4	503	280-779	216
PH		212	8.04	7.10-8.57	0.22
S	mg/l	5	23.4	19.9-27.6	2.9
Sulfat-S	mg/l	36	34.2	16.2-22.6	4.2
Sulfid	mg/l	61	0.24	0.011-2.50	0.49
TKN	mg-N/l	21	9.5	2.4-46.0	11.7
TOC	mg/l	111	51	8.9-1034	125
Total-N	mg/l	26	9.1	3.2-46.4	10.6
Total-P	mg/l	24	1.82	0.564-4.20	0.95
Grundelementer					
Al	mg/l	5	0.52	0.205-0.93	0.32
Ba	mg/l	5	0.36	0.034-0.043	0.004
Ca	mg/l	8	99	92-105	4
Fe	mg/l	6	0.19	0.079-0.34	0.11
K	mg/l	8	5.65	4.30-7.39	1.22
Mg	mg/l	8	23	20-28	3

Na	mg/l	8	58.8	44.7-98.5	16.9
Si	mg/l	4	9.32	8.72-10.6	0.89
Sr	mg/l	4	2.29	1.47-1.79	0.36
Metaller					
As	µg/l	5	-	<0.11-<3,5	
Cd	µg/l	5	0.22	0.056-0.660	0.25
Co	µg/l	5	0.10	0.040-0.180	0.08
Cr	µg/l	5	10.2	0.711-47.6	20.9
Cu	µg/l	8	43.4	18.6-84.3	26.8
Hg	µg/l	5	0.08	0.006-0.25	0.10
Mn	µg/l	5	11.3	8.81-14.5	2.5
Mo	µg/l	4	0.89	0.457-1.24	0.41
Ni	µg/l	5	5.68	3.74-10.2	2.64
Pb	µg/l	5	3.44	1.11-6.92	2.38
Sb	µg/l	1	0.09		
Sn	µg/l	1	0.15		
V	µg/l	1	0.06		
Zn	µg/l	6	427	203-761	204
Klorerede alifater					
1,1,1-Triklorethan	µg/l	5	< 0.1		
1,1,2-Triklorethan	µg/l	5	< 0.1		
1,1-Diklorethan	µg/l	5	<0.5		
1,2-Diklorethan	µg/l	5	< 0.5		
1,2-Diklorpropan	µg/l	5	< 0.5		
c-1,2-Diklorethylen	µg/l	5	<0.5		
Diklormethan	µg/l	5	<1.0		
T-1,2diklorethylen	µg/l	5	<0.5		
Tetraklorethen	µg/l	5	-	<0.1-0.30	
Tetraklormethan	µg/l	5	-	<0.1-1.0	
Triklorethen	µg/l	5	<0.1		
Triklormethan	µg/l	5	-	<0.1-250	
Klorphenoler					
2,3,4,5-Tetraklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
2,3,4,6-Tetraklorphenol	µg/l	4	< 0.02		
2,3,4-Triklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
2,3,5-Triklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
2,3,6-Triklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
2,3-Diklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
2,4,5-Triklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
2,4,6-Triklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
2,4+2,5-Diklorphenol	µg/l	5	0.10	0.06-0.13	0.03
2,6-Diklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
2-Monoklorphenol	µg/l	5	< 0.5		
3,4,5-Triklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
3,4-Diklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
3,5-Diklorphenol	µg/l	5	< 0.02		
3-Monoklorphenol	µg/l	5	< 0.5		
4-Monoklorphenol	µg/l	5	< 0.5		
Pentaklorphenol	µg/l	5	-	<0.02-0.04	
Sum klorphenoler	µg/l	5	0.13	0.08-0.24	0.07
Phenol, cresol og alkylphenoler					
2,3,5-Trimethylphenol	µg/l	5	< 1		
2,3-Dimethylphenol	µg/l	5	< 1		
2,4,6-Trimethylphenol	µg/l	5	< 1		
2,4-Dimethylphenol	µg/l	5	< 1		

2,5-Dimethylphenol	µg/l	5	< 1		
2,6-Dimethylphenol	µg/l	5	< 1		
2-Ethylphenol	µg/l	5	< 1		
2-iso-Propylphenol	µg/l	5	-	<1-<3	
2-n-Propylphenol	µg/l	5	<1		
3,4-Dimethylphenol	µg/l	5	< 1		
3,5-Dimethylphenol	µg/l	5	< 1		
3-Ethylphenol	µg/l	5	< 1		
3-t-Butylphenol	µg/l	5	< 1		
4-Ethylphenol	µg/l	5	< 1		
m-+p-Cresol	µg/l	5	<1		
o-Cresol	µg/l	5	<1		
Phenol	µg/l	5	<1		
Nonylphenol	og				
oktylphenol					
Diklordi-isopropyl-ether	µg/l	5	-	<0.2-<1	
Nonyl-phenol	µg/l	5	-	<0.2-<0,5	
Nonyl-phenol di-karboxylat	µg/L	min 1		i.d	
Nonyl-phenol mono-karboxylat	µg/L	min 1		i.d	
Nonyl-phenol-etoxylater	µg/l	5	-	<5	
Oktyl-phenol	µg/l	5	-	<0.2-<0,25	
Oktyl-phenol-etoxylater	µg/l	5	-	<2-<3,0	
Phthalater					
Butylbenzyl-phthalat	µg/l	5	<1		
Di-(2-ethylhexyl)	µg/l	5	29.0	11-39	10.9
Di-cyclohexyl-phthalat	µg/l	5	< 1		
Diethyl-phthalat	µg/l	5	-	<1-13	
Di-isobutyl-phthalat	µg/l	5	-	<1-3	
Dimethyl-phthalat	µg/l	5	<1.0		
Di-n-butyl-phthalat	µg/l	5	<1.0		
Di-n-propyl-phthalat	µg/l	5	<1.0		
Dipentyl-phthalat	µg/l	5	-	<1-1,4	
Detergenter					
Kat.detergenter	mg/l	4	-	<0.1-2,1	
LAS	mg/l	5	-	<0.025-0,45	
BTEXer					
1,2,3-Trimethylbenzen	µg/l	26	<9,7		
1,2,4-Trimethylbenzen	µg/l	26	<9,5		
1,3,5-Trimethylbenzen	µg/l	26	<9.6		
1-Methylnaphthalen	µg/l	26	<4.3		
2-Ethyltoluen	µg/l	26	<9.6		
2-Methylnaphthalen	µg/l	26	<4.5		
4-Ethyltoluen	µg/l	26	<9.0		
Benzen	µg/l	26	<1.9		
Camphor	µg/l	26	-	<7-4	
Ethylbenzen	µg/l	26	-	i.d-2,02	
Fenchone	µg/l	26	<5.8		
Isopropylbenzen	µg/l	26	<5.5		
Methylnitrobenzen	µg/l	26	<3.6		
m-Xylen	µg/l	26	-	<3-3,55	
Naphthalen	µg/l	26	<4.5		
Nitrobenzen	µg/l	26	<15		

n-Propylbenzen	µg/l	26	<5.6		
o-Xylen	µg/l	26	-	<0.5-0.65	
Toluen	µg/l	26	-	<1.3-1.56	
Fedtsyrer					
2-Methyl butansyre	µg/l	12	1.78	i.d-1.81	0.03
3-Methyl butansyre	µg/l	12	0.24	i.d-0.24	0.00
4-Methyl pentansyre	µg/l	12	1.35	i.d-1.36	0.01
Dekansyre	µg/l	36	-	<0.38-1191	
Dodekansyre	µg/l	36	-	<1.3-507	
Eikosansyre	µg/l	6	76.5	19.8-156.5	64.4
Hexadekansyre	µg/l	36	-	<3.4-6173	
Hexansyre	µg/l	6	5.09	1.80-9.92	3.33
Oktadekansyre 18:0	µg/l	36			
Oktadekensyre 18:1	µg/l	36	???	10.9-27087	
Oktansyre	µg/l	36	-	<0.86-693	
Tetradekansyre	µg/l	36	-	<2-2085	
Pharmaceutiske stoffer					
Caffein	µg/L	min 1	<5.8		
Ibuprofen	µg/L	min 1	i.d		
Paracetamol	µg/L	min 1	<5.5		
Mikrobiologiske parametre					
Aeromonas	pr.ml	26	8941	40-82000 190000000- 510000000	17582
Bakterier	pr. 100 ml	12	1145000000	0	1548000000
Campylobact.eje.	pr. 100 ml	4	i.d		
Clostridium					
perfr.-sporer	pr.ml	22	<10		
Clostridium					
perfringens	pr.ml	26	-	<1-15 320- 1600000000	
Coliforme	pr. 100 ml	24	102764969	0	341000000
E. Coli	pr. 100 ml	19	-	0-400000 <1000-	
Enterococcer	pr. 100 ml	26	-	12000	
Hæmolytiske bakt.	pr.ml	23	7097	17-54000 140-	13609
Kimtal v. 22°C	pr.ml	26	1844481	11000000	2380000
Kimtal v. 37°C	pr.ml	26	433814	91-3500000	690000
Legionelle	pr. l	22	-	<100-<200	
Legionelle					
serogruppe	pr. l	1	i.d		
Pseud. Aeruginosa,					
biomasse	pr.ml	26	309	0.1-2400	581
Salmonella –bakt.	pr. 100 ml	4	i.d		
Staph., koag. Pos,					
biomasse	pr.ml	22	-	<100-8100	

i.d = ikke detekteret

min = mindste antal prøver

9 Diskussion

Antallet af studier, som er publiceret i den tilgængelige litteratur og som fokuserer på karakteristik af gråt spildevand, er forholdsvis lille. Den nærværende undersøgelse har derfor givet et væsentligt bidrag til den grundlæggende basisviden, som er helt nødvendig for at evaluere muligheder og risici i forbindelse med anvendelse af gråt spildevand. For de parametre hvor der fra tidligere undersøgelser af gråvand fandtes målinger, svarer BO-90 resultaterne til det forventede niveau. Der er dog registreret relativt høje maksimalværdier for en række parametre (fx TOC, SS, fedtsyrer og bakterier), og der er samtidig registreret tidsmæssigt meget varierende værdier. Hvis det grå spildevand skal anvendes kræver det behandling, og her vil tidsmæssige variationer og høje enkeltstående maksimalværdier være et problem. Det vil have indflydelse på både design og drift af rensningsanlæg til gråvand, og vil gøre rensningsprocessen dyrere.

Da dette projekt startede i 1999 var der ikke nogen information tilgængelig om indholdet af miljøfremmede organiske forbindelser i gråt spildevand. Udgangspunktet for projektet var at man ud fra information vedrørende forbrug af husholdningskemikalier, incl. specifik information om stofindhold og dermed information om forbrug af enkelte stoffer, kunne udvælge de stoffer som projektet primært skulle fokusere på. Det viste sig hurtigt at dette ikke var muligt, idet den ønskede information ikke eksisterer. Den nu valgte metode, med at registrere varedeklarationer på forskellige typer af husholdnings- og plejeprodukter giver kun kvalitativ information. Den kvantitative information, dvs. i hvilke kvantiteter stofferne bruges og dermed potentielt kan forekomme i gråt spildevand kan p.t. ikke vurderes. Dette er en begrænsning som kun kan løses gennem at der enten laves en registrering på nationalt niveau med information fra producenter/importører om forbruget af de enkelte stoffer i denne slags produkter eller gennem målinger af enkelt stoffer i produkterne samt en registrering af forbruget af hver enkelt produkt at estimere stof forbruget.

Et anden udgangspunkt var at fokusere på miljøfremmede stoffer som i andre miljømæssige sammenhænge, f.eks. drikkevandsbekendtgørelsen, slambekendtgørelsen og NOVA2003 programmet, er blevet identificeret som problemstoffer. Det viste sig ikke være en optimal løsning i de kriterierne for at vælge stoffer som kan udgøre et problem i forbindelse med genbrug af gråt spildevand er afhængigt af til hvilket formål vandet skal genbruges. Da der ikke er tale om brug til drikkevand er drikkevandsbekendtgørelsen ikke relevant, men den repræsenterer dog det laveste niveau i grænseværdier som kan komme på tale. Hvis det grå spildevand skal bruges til vanding af afgrøder kan det give mening at fokusere på de stoffer som indgår i slambekendtgørelsen, men det er relativt få stoffer, og desuden tager slambekendtgørelsen udgangspunkt i stoffer som indgår i spildevand, medens sammensætningen i det grå spildevand ikke er helt den samme, f.eks. forekommer der ikke PAH'er i det grå spildevand.

Ved målinger på komponenter i gråvand, og specielt når det gælder miljøfremmede stoffer og mikroorganismer, er der to vigtige faktorer man må tage hensyn til. Den ene er antallet af potentielt problematiske komponenter

og den anden er den store usikkerhed der er knyttet til praktiske målinger i medier der ændrer sammensætning indenfor korte tidsintervaller. Der er derfor udviklet en metodik bestående af to parallelle forløb der kan supplere hinanden og mindske den samlede usikkerhed på undersøgelsen. Det system man undersøger har et tilløb og et afløb. Det er muligt, om end besværligt at måle på afløbets (gråvandets) kvalitet. Det er ikke muligt i praksis at måle på de mange tilløb (vandforsyningsvand, husholdningskemikalier, kropsudsondringer, luftbårne komponenter mm). Ved at estimere tilløbet (inventering) og måle på afløbet kan man få en betydelig bedre samlet kvalitetsbedømmelse af det producerede gråvand.

Der er udviklet et redskab til at designe måleprogrammer for komponenter, især miljøfremmede stoffer, i gråvand. Antallet af potentielt forekommende stoffer er så højt at det vil være økonomisk umuligt at undersøge for alle. Det eksisterer heller ikke akkrediterede analysemetoder for samtlige stoffer. Det er derfor nødvendigt at screene for udvalgte stoffer, der har en speciel brugsmæssig og dermed sundhedsmæssig risiko, og som kan fungere som indikatorstoffer. Screeningen kaldes i måleprogrammet for trin 1. Når man har resultatet af trin 1 måleprogrammet, kan man designe et trin 2 måleprogram der ikke bliver unødigt stort. Det er grundtanken at ressourceforbruget, ved at gennemføre summen af de to fase i måleprogrammet, bliver væsentligt mindre end ved blot bevidstløst at kaste sig ud i et overvældende måleprogram fra starten.

Måleprogrammets trin 1 inkluderede et forholdsvis stort antal forskellige miljøfremmede organiske stoffer eller stofgrupper (i alt 62), som blev valgt ud fra en række kriterier. Til trods en forholdsvis dybtgående diskussion om hvilke stoffer som skulle indgå i måleprogrammet, blandt andet gennem at lave en farlighedsidentifikation af de stoffer som potentielt kan indgå i gråt spildevand, så var det kun 11 af de 62 som blev fundet i gråvandet fra BO-90. Analyserne i måleprogrammets trin 1 blev gennemført af et akkrediteret analyse laboratorium, hvilket begrænser mulighederne for at frit vælge hvilke stoffer som skal indgå i måleprogrammet, fordi at enten bliver analyserne meget dyre eller så eksisterer der ikke akkrediterede analysemetoder. Den komplementerende analyse som blev gennemført i et parallelt forløb var baseret på en anden analyse metodik, som er meget arbejdskrævende, men som viste sig være mere udbytterig i forhold til identifikation af miljøfremmede stoffer. Dette delstudie viste at minimum yderligere 190 forskellige miljøfremmede stoffer findes i det grå spildevand på BO-90. For langt de fleste af de fundne stofferne eksisterer der ikke akkrediterede analyse metoder. Dette viser at screening for miljøfremmede organiske stoffer i gråt spildevand stiller store krav til valg af metode, og at det er svært at lave et komplet valg af relevante miljøfremmede organiske stoffer at måle for. Der er vel tale om forskellige tilgange til stoffet .

Måleresultaterne fra BO-90 viser dog at den valgte metodik, med to trin i måleprogrammet, er et godt redskab. Der er i fase 1 af måleprogrammet (dvs. trin 1 og den komplementerende analyse af miljøfremmede stoffer) positive fund af en lang række miljøfremmede stoffer (i alt 201 st.), som vil have afgørende betydning i forbindelse med overvejelser om hvilken form for genbrug der kan komme på tale. Stoffer der blev analyseret for, men ikke blev fundet, har en tilsvarende betydning for overvejelserne om genbrugets karakter.

Den udviklede inventeringsmetode vil være et nyttigt redskab som supplement til et måleprogram. At opgøre tilførte mængder af komponenter er vanskeligt

fordi man må involvere uprofessionelt personale (beboerne) i registreringen af forbruget af husholdningskemikalier og andre aktiviteter i hjemmet. Den inventeringen der blev gennemført på BO-90 viser at man kan få informationer ud af metodikken, men at de er behæftet med stor usikkerhed. Sikrest er at måle det reelle forbrug af husholdningskemikalier, men selv for dette element er der usikkerheder fordi beboere glemmer eller skjuler forbrug af visse kemikalier. En anden væsentlig usikkerhedsfaktor er manglende deklaration af de stoffer der forekommer i små mængder.

En inventering vil kun være et supplement og en vis massebalancekontrol i forbindelse med målinger af komponenter, og den vil derfor ikke kunne stå alene. Målinger kan bedre stå alene, men på grund af variationer i koncentrationer kræves der et tidsmæssigt omfattende måleprogram. Da man har brug for at kende både gennemsnitsbelastning af gråvandet og maksimumsværdier, må måleprogrammet indeholde både serier af døgnmålinger og serier af målinger med en tidsopløsning på niveau med den eventuelle behandlingstid der kræves hvis gråvandet skal genbruges.

Blandt de egentlige smitstoffer blev der ikke påvist *Salmonella*, *Campylobacter* og *Legionella* i prøver af såvel ubehandlet, som behandlet, opbevaret gråt spildevand. Der syntes derfor at være en yderst ringe risiko for infektioner med disse smitstoffer ved anvendelse af det grå spildevand. Resultaterne indikerer således en lavgradig forekomst af disse smitstoffer i gråt spildevand. Især mavetarmsmitstoffer vil dog forventes at kunne forekomme i gråt spildevand, eksempelvis ved fækalforurening p.g.a. diarré hos små børn og rengøring i eksempelvis håndvask.

Foruden de bakterielle smitstoffer, vil der kunne forekomme en række mavetarm virus og parasitter i gråt spildevand, primært som følge af fækalforurening. Især forekomsten af virus vil afhængig af gråvandstypen, behandlingen og den påtænkte anvendelse af det behandlede grå spildevand kunne udgøre en egentlig sundhedsrisiko. Der er i projektet ikke undersøgt for virus da der ikke forelå egnede metoder til påvisning af virus i gråt spildevand.

Der foreligger metoder til påvisning af mavetarm parasitter, herunder gruppen af protozoer, i spildevand. Der fandtes dog ikke analyselaboratorier som var akkrediteret til at udføre analyser for parasitter i gråt spildevand. Der blev derfor ikke udført analyser for parasitter. Dette skyldes også at risici ved anvendelse af gråt spildevand til toiletskyl primært skønnes at knyttet til luftbåren smitte ved aerosoldannelse. Parasitæg og protozoer er sammenlignet med bakterier og virus meget store. Der er derfor en meget ringe mulighed for luftbåren overførsel og smitte med parasitter ved toiletskyl med gråt spildevand. Da smittevejen for Legionella er via indåndning af aerosoler var det vigtigt at denne bakterium ikke kunne påvises i gråt spildevand.

Der blev generelt påvist en ringe reduktion i antallet af mikrobiologiske parametre efter passage gennem sandfiltrene, inklusiv i antallet af den fækale indikatorbakterie enterokokker. Flere af de undersøgte mikrobiologiske parametre syntes at kunne vokse i sandfiltrene. Kimtallene i de undersøgte prøver af gråt spildevand lå alle over grænseværdierne for drikkevand.

Antal kim ved 37°C, herunder antal hæmolytiske kim, viste relativt store tidsmæssige variationer og der kunne ikke påvises klare forskelle i kimtallene i de tre forskellige prøvetyper. Resultaterne indikerer at kimtal 37°C var tilstede i og blev løbende afstødt fra biofilmen i sandfiltrene, samt at disse kim kunne

vokse i opbevaringstanken. Det er uvist om eventuelle høje antal kim dyrket ved 37°C udgør en egentlig sundhedsrisiko hvis gråvandet anvendes til eksempelvis toiletskyl.

Sandfiltreringen medførte en gennemsnitlig cirka 10-folds stigning i antallet af enterokokker, muligvis som følge af vækst og afstødning af enterokokker i og fra filtrenes biofilm. Det må derfor forventes, at enterokokker vil blive tilført toiletcisterner ved anvendelse af det behandlede, opbevarede spildevand til toiletskyl. En eventuel vækst af enterokokker i gråt spildevand, eksempelvis i biofiltre, stiller spørgsmålstegn ved enterokokkers egenhed som indikator på fækalforurening, da antallet af en sådan indikatororganisme vil forventes at falde da det forudsættes at en god fækalindikator udviser ringe eller slet ingen vækst udenfor mavetarmkanalen.

Der blev påvist relative høje antal af bevægelige *Aeromonas* spp. i alle typer af gråt spildevand, især i den sidste halvdel af undersøgelser. Gruppen af bevægelige *Aeromonas* spp. inkluderer arter som kan være egentlige sygdomsfremkalende for mennesker. Betydningen af disse fund er dog usikker, idet enkelte *Aeromonas* spp. kan forårsage mavetarm- og sårinfektioner hos mennesker. Infektioner med *Aeromonas* spp. som følge af aerosolbåren smitte er så vidt vides ikke rapporteret.

Der fandtes ikke koagulase-positive stafylokokker og kun et meget lille antal *Pseud. aeruginosa* i behandlet, opbevaret spildevand. Biofiltreringen ser således ud til at medfører en fjernelse af disse to indikatorer, ligesom disse ikke udviser vækst ved opbevaring af det behandlede grå spildevand.

Hvis man vælger at give tilladelse til genbrug gråt spildevand skal man være klar over at det ud fra kendskabet til gråvands potentielle sammensætning er det vanskeligt at give generelle retningslinier for genbrug af gråvand. Anledningen er den store variation der vil være fra husholdning til husholdning. Der er behov for at etablere retningslinier for ønsket kvalitet af rensset gråvand i forbindelse med forskellige former for genbrug. Disse retningslinier skal afspejle en vægtning mellem risiko ved genbrug af gråvand og den risiko som befolkningen generelt udsætter sig selv for gennem brug af f.eks. kemikalier i husholdningerne. Hver enkelt familie vælger at leve med et (næppe erkendt) risikoniveau i forbindelse med brug af husholdningskemikalier og kosmetik. Genbrug af gråvandet fra en familie vil afspejle den samme risiko men i en mindre skala. Man kan derfor overveje om der for enkeltfamilier skal være mindre skrappe grænseværdier for genbrug af gråvand end for flerfamiliebebyggelser.

Beboere som anvender behandlet gråt spildevand til toiletskyl vil principielt kunne eksponeres for "fremmede" mikroorganismer fra andre beboere hvis det grå spildevand indsamles fra mange forskellige lejligheder og hushold. En sådan eksponering vil normalt repræsenterer en større risici end hvis beboerne kun blev eksponeret til "kendte" mikroorganismer i spildevand fra deres eget hjem. Grunden til dette er primært en forventet lavere modstandsdygtighed overfor "fremmede" mikroorganismer. Embedslægen i København har dog i et andet lignende gråvandsprojekt ved Nordhavnsgården vurderet sådanne risici som værende minimale og ikke aktuelle i forhold til dette projekt.

De fundne resultater for traditionelle spildevandsparametre ligner resultaterne fra tidligere undersøgelser. Målingerne for miljøfremmede stoffer og mikroorganismer bidrager med ny viden og de viser, sammen med målingerne

af de klassiske spildevandsparametre, at grävandet fra BO-90 ikke uden videre kan genbruges til husholdningsformål.

Målingerne på BO-90 grävandet kan ikke bruges til at generalisere vedrørende grävands sammensætning. Det undersøgte grävand indeholder kun 2 af 4 primære grävandstyper. Det må dog antages at grävand generelt er så forurenet at det ikke umiddelbart kan genbruges i husholdninger. Det er ikke muligt at vurdere hvilken behandling det skal undergå for at kunne genanvendes, da der dels mangler mere information om grävandets sammensætning og dels mangler kvalitetskriterier for de enkelte typer af anvendelse.

10 Konklusion

Der foreligger kun få undersøgelser af sammensætningen af gråvand, og disse beskæftiger sig primært med klassiske spildevandsparametre. Det kan noteres at indholdet af organiske miljøfremmede stoffer ikke er undersøgt tidligere.

Videre vides der stort set intet om kvaliteten af de primære gråvandstyper, der efter sammenblanding bliver til klassisk gråvand.

Der er i nærværende studie udviklet en metode til undersøgelse af gråvand. Metoden er afprøvet på et eksisterende gråvandssystem i bebyggelsen BO-90. Den gennemførte undersøgelse er den første der udover de klassiske parametre også inkluderer en karakterisering af et gråvands indhold af organiske miljøfremmede stoffer. Undersøgelsen viser at gråvandet fra BO-90 har et gennemsnitligt indhold af klassiske spildevandskomponenter, der ligger indenfor det der tidligere er publiceret i den åbne litteratur. Spildevandsparametrene udviser væsentlige tidsmæssige variationer og for mange forekommer der ekstremværdier der giver vide intervaller.

Undersøgelse viser også at antallet af miljøfremmede stoffer i gråvand er stort. I en kvantitativ screening blev det fundet 201 miljøfremmede organiske stoffer, tilhørende grupperne; overfladeaktive stoffer, emulgatorer, duft- og smagstoffer, opløsningsmidler, blødgørere, UV-filtre, etc.

Det blev ikke påvist *Salmonella*, *Campylobacter* og *Legionella* i prøver af såvel ubehandlet, som behandlet, opbevaret gråvand. Det synes derfor være en ringe risikoe for infektioner med disse smitstoffer ved anvendelse af gråvand. Der er i dette projekt ikke undersøgt for virus da der ikke forelå egnede metoder til påvisning af virus i gråvand. Men især forekomsten af virus afhængigt af gråvandstypen, den påtænkte anvendelse og behandlingen kan udgøre en egentlig sundhedsrisiko.

På baggrund af ovenstående kan det konkluderes at målinger fra en enkelt undersøgelse ikke kan ekstrapoleres til gråvand generelt. Det antages dog at koncentrationerne af forureningskomponenterne i gråvand generelt, er på et niveau der gør at gråvand ikke uden videre behandling kan genbruges i husholdninger.

11 Ordliste

AEO: Alkoholethoxylater, tilhører gruppen af nonioniske tensider.

AES: Alkylethersulfat, tilhører gruppen af anioniske tensider.

APEO: Alkylphenoethoxylater, tilhører gruppen af nonioniske tensider.

AS: Alkylsulfat, tilhører gruppen af anioniske tensider.

Anioniske tensider: Miljøfremmede stoffer (eks. LAS) der bruges i vaske- og rengøringsmidler pga. deres overfladeaktive egenskaber.

BET: Betainer, tilhører gruppen af amfotere tensider.

BHT: Butylhydroxitoluen

DEHP: Diethylhexyl phthalat, blødgørere

EC₅₀: er koncentrationen, hvor der observeres effekter (f.eks. hæmning af vækst eller mobiliteten) er på 50 % af forsøgsorganismerne efter kortvarig, akut eksponering over typisk 72 timer (alger) eller 48 timer (krebsdyr).

EDTA: Tetra-natriumsalt, anvendes som kompleksdannere.

Emulgatorer: Fedt eller olie i vand vil skilles i to adskilte væskelag. Emulsionsmidler (emulgeringsmidler) som eksempelvis findes i sæber eller tensider kan få fedt/olieperler til at fordele sig i vandet og hermed forblive i en stabil tilstand (emulsion).

FAA: Fedtsyrealkoholamider

FES: Fedtalkoholethersulfat

Kationiske tensider (KAT): Miljøfremmede stoffer der bruges i vaske- og rengøringsmidler pga. deres overfladeaktive egenskaber. Stofferne tilsættes bl.a. tekstilskyllemidler for at hindre statisk elektricitet i syntetiske tekstiler og for at blødgøre dem. Flere af denne tensidgruppe har desinficerende og emulgerende virkning, eksempelvis de kvaternære ammoniumforbindelser.

LAS: Lineære alkylbenzensulfonater, tilhører gruppen af anioniske tensider.

LC₅₀: er koncentrationen, hvor halvdelen af en gruppe forsøgsorganismer forventes at dø efter kortvarig, akut eksponering over typisk 96 timer (fisk).

Nonioniske tensider: Miljøfremmede stoffer (eks. APEO, AEO og NPE) der bruges i vaske- og rengøringsmidler pga. deres overfladeaktive egenskaber. Stoffer er ikke særligt vandopløselige.

NPE Nonylphenoethoxylat, tilhører gruppen nonioniske tensider

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Overfladeaktive stoffer. Stoffer, hvis funktion er at fjerne snavs og fedt fra tøj eller overflader og holde snavs og fedt opløst i vandet, således at der ikke sætter sig på tøjet eller overfladen igen. Tensiderne besidder sådanne overfladeaktive karakteristika. Bl.a. bindes tensiderne stærkt på overfladen af organiske partikler.

12 Referencer

Artikler og rapporter

Albrechtsen, E., Poulsen, G. og Rønnenkamp, S. (1998) Hånd sæber - miljøvurdering af hånd sæber, Teknik & Miljø nr. 12, 1998: Råd & resultater Forbrugerstyrelsen.

Albrechtsen, H.-J. (1998). Water consumption in residences. Microbiological investigations of rain water and greywater reuse systems. Miljøstyrelsen (Miljø- og Energiministeriet) og Boligministeriet. ISBN 87-985613-9-1 (In Danish).

Almeida, M.C., Butler, D., and Friedler, E. (1999). At-source domestic wastewater quality. Urban Water 1:49-55.

Andersen J.S., Holst H., Spliid H., Andersen H., Baun A., and Nyholm N. 1998 Continuous ecotoxicological data evaluated relative to a control response. J Agric Biol Environ Stat **3**, 405-420.

Arbejdsmiljøinstituttet (1994) Kortlægning af vaske og rengøringsmidler. AMI rapport nr. 44 1994. Arbejdstilsynet. Arbejdsmiljøinstituttet.

ATV (1995) Nyere kemikalier – i relation til jord og grundvandsforurening, ATV-komiteen vedrørende grundvandsforurening. Schæffergården 2. maj 1995. Akademiet for de Tekniske Videnskaber.

Auffarth, Karina P. S., 2000. Behandling af gråt spildevand. Eksamensprojekt, M&R DTU.

Bennick, C., Poulsen, G., Pedersen, S., Hald, P., Pedersen, A.R. og Madsen, T. (1996). Håndopvaskemidler. Tekniske meddelelser nr. 9. Forbrugerstyrelsen.

Bukhave M. (1998a) Mere miljøvenlige husholdningskemikalier. – En positivliste over produkter indenfor vaske-, rengørings- og opvaskemidler samt produkter til kropspleje. Det Økologiske Råd.

Bukhave M. (1998b) Husholdningskemikalier og spildevand – en rapport om stoffer i husholdningskemikalier og spildevandsrensning i det åbne land. Det Økologiske Råd.

Burrows, W.D., Schmidt, M.O., Carnevale, R.M., and Schaub, S.A. (1991). Nonpotable reuse: Development of health criteria and technologies for shower water recycle. Wat. Sci. Tech. 24 (9): 81-88.

Bäckström K. (1987) Framtagning av effektiva och miljöriktiga vattenbaserade rengöringsmedel för hårda ytor. Lund.

- Christensen E.R. and Nyholm N. (1984). Ecotoxicological assays with algae: Weibull dose - response curves. *Environ Sci Technol* **18**, 713-718.
- Christoffersen, Mai, 2001. Variationsanalyser af gråt spildevand. Eksamensprojekt, M&R DTU, 2000-2001.
- Christova-Boal, D., Eden, R.E., and McFarlane, S. (1996). An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination* **106**: 391-397.
- Damborg, A. (1994) Nedbrydelighed af overfladeaktive stoffer. *Vand & Jord*, nr. 2.
- Damborg, A., N. Thygsen. (1991) Overfladeaktive stoffer – spredning og effekter i miljøet. Miljøprojekt nr. 166, 1991. VKI. Miljøministeriet. Miljøstyrelsen.
- ECC (1991) European Communities Commission Directive. Council directive regarding the treatment of urban wastewater (91/271/EEC). *Official journal of the European Communities*, No. L 135 of the 91.5.30, 40 – 50.
- Eilersen A.M. Henze M. Sørensen M og Qualmann S. 2002A. Nitrifikationstest for toksisitets målinger, foreløbig udgave, M&R, DTU, DK.
- Eilersen A.M. Henze M. Sørensen M og Qualmann S. 2002B. OUR målinger i batch, foreløbig udgave, M&R, DTU, DK.
- Eriksson, E. og Ledin, A., 2002. Analysis of long-chain fatty acids in grey wastewater with in-vial-derivatisation. In ***Potential and problems related to reuse of water in household***, by E. Eriksson, Environment & Resources DTU, Technical University of Denmark, Denmark, 2002 (Ph.D thesis).
- Eriksson, E., Auffarth, K., Eilersen, A.-M., Henze, M. and Ledin, A. (2003) Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in grey wastewater. *Water SA* **29** (2), 135-146.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. og Ledin, A. (2002A) Characteristics of grey wastewater. *Urban Water* (4), 85-104.
- Eriksson, E., Baun, A., Henze, M. og Ledin, A. (2002B). Environmental risk assessment of xenobiotic organic compounds in grey wastewater (Denmark). In ***Potential and problems related to reuse of water in household***, by E. Eriksson, Environment & Resources DTU, Technical University of Denmark, Denmark, 2002 (Ph.D thesis).
- Fittschen, I. and Niemczynowicz, J. (1997). Experiences with dry sanitation and greywater treatment in the eco-village Toarp, Sweden. *Wat. Sci. Tech.* **35** (9): 161-170.
- Forbruger Information (2002)
<http://www.fi.dk/presse/pressemeddelelser/pm046/> hentet den 31/5-02.
- Forbrugerstyrelsen (1993) Råd og Resultater nr. 4 1993.

Funeteg, A. (1996) Kemikalier i Badrummet - undersökningen utförd på uppdrag av Konsumentverket, August 1996.

Gerba, C.P., Straub, T.M., Rose, J.B., Karpiscak, M.M., Foster, K.E., and Brittain, R.G. (1995). Water quality of graywater treatment system. Wat. Res. 31 (1): 109-116.

Grøn Information (2000) Hjemmeside på Internettet. www.greeninfo.dk. Downloaded den 24/5-2000. www.greeninfo.dk/kemi/Dkemi.htm, www.greeninfo.dk/press/solcremepr.htm, www.greeninfo.dk/rapport/bsolcremeskema.htm, www.greeninfo.dk/rapport/mbaberskumskema.htm, www.greeninfo.dk/rapport/mbaggrundsartikel.htm, www.greeninfo.dk/rapport/mdeoskema.htm, www.greeninfo.dk/rapport/mhairstyleskema.htm, www.greeninfo.dk/rapport/mshampooskema.htm.

Günther, F. (2000). Wastewater treatment by greywater separation: Outline for a biologically based greywater purification plant in Sweden. Ecological Engineering 15:139-146.

Hansen, E. og Busch, N. J. (1990) Kemikalier i husholdningen. Miljøprojekt 152. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.

Hargelius, K., Holmstrand, O., and Karlsson, L. (1995). Hushållsspillvatten Framtagande av nya schablonvärden för BDT-vatten. In: Vad innehåller avlopp från hushåll? Näring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt-, bad- & duschvatten, Swedish EPA (Naturvårdsverket), Stockholm.

Henze, M. og Ledin A. (2001) Aspects of groundwater recharge using grey wastewater. Decentralised Sanitation and Reuse. IWA Publishing.

Herren, D. and Berset, J.D. (2000) Nitro musks, nitro musk amino metabolites and polycyclic musks in sewage sludges : Quantitative determination by HRGC-ion-trap-MS/MS and mass spectral characterization of the amino metabolites. Chemosphere 40; 565-574.

Hypes, W. D., 1974. Characterization of typical household grey water. In: **Manual of grey water treatment practice**, edited by J. H. T. Winneberger, Michigan:ANN ARBOR SCIENCE PUBLISHER. INC, p. 79-88.

Jensen, H. og Guldagger, M. (1999) Miljøet vandt, Råd og Resultater nr. 10, Forbrugestyrelsen.

Jeppesen, B., 1993. Domestic greywater reuse: Preliminary evaluation. Urban Water Research Association of Australia:ISBN 1 875298 61 4.

Karlström, U. og Svensson, S. (1994) Miljökriterier för handdisk. Svenska Naturskyddsföreningen.

Karlström, U. og Svensson, S. (1995) Miljökriterier för maskindiskmedel. Svenska Naturskyddsföreningen.

Karlström, U. og Svensson, S. (1995a) Miljökriterier för tvättmedel. Svenska Naturskyddsföreningen.

Karlström, U. og Svensson, S. (1995b) Miljökriterier för tvål och schampo. Svenska Naturskyddsföreningen. 1995z.

Karlström, U. og Östman, A. (1993). Bedömning och jämförelser av lösningsmedel i hushållens kemisktekniska produkter. – Underlag för Naturskyddsföreningens arbete inom projektområdet Handla Miljövänligt. 1993.

Karsa, D. R. and Porter, M. R. (1995) Biodegradability of surfactants. Blackie, London, ISBN 0-7514-0206-0

Københavns Energi, 2003. Københavnerne drikker mindre. Nyhed på hjemmesiden <http://www.ke.dk> den 3 april 2003.

Københavns Vand, 2000. Personlig kontakt med Maj-Britt Bøgeløv Poulsen. Data fra løbende kontrol af en taphane på ledningsnettet det forsyner BO-90.

Larsen, Nils Juul, 2002, Beboer på BO-90. Personlig kommunikation.

Ledin, A., Eriksson, E. & Henze, M. (2001): Aspects of groundwater recharge using grey wastewater. Chapter 18. In: Lens, P., Zeeman, G. & Lettinga, G. (eds.), Decentralised sanitation and reuse: Concepts, systems and implementation, pp. 354-370. IWA Publishing, London, UK

Laak, R. (1974). Relative pollution strengths of undiluted waste materials discharged in households and the dilution waters used for each. In: **Manual of grey water treatment practice**, ed. Winneberger, J.H.T. Ann Arbor Science Publisher, p. 68-78.

Madsen, T. og Larsen J. R. (1998) Spar på skummet. Råd & Resultater nr. 12, 1998. Forbrugerstyrelsen.

Madsen, T. og Pedersen A. R. (1998) Miljøvurdering af hårshampoo og balsam. Tekniske Meddelelser nr. 1, 1998. Forbrugerstyrelsen.

Madsen, T. og Rud, J. (1998) Miljø- og sundhedsvurdering af håndsæber. Teknik & Miljø nr. 12, 1998. Forbrugerstyrelsen.

Miljø- og Energiministeriet (1987) Bekendtgørelse nr. 726 af 13. november 1987 om oplysninger om vaske og rengøringsmidler.

Miljø- og Energiministeriet (1991) Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 586 af 8. august 1991. Bekendtgørelse om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter.

Miljø- og Energiministeriet (1993) Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 829 af 15. oktober 1993 om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter.

Miljø- og Energiministeriet (1998) Bekendtgørelse om kosmetiske produkter. Miljø- og Energiministeriet bekendtgørelse nr. 303 af 18. maj 1998.

Miljø- og Energiministeriet (1999) Bekendtgørelse om kosmetiske produkter. Bekendtgørelse nr. 11171 af 10. Oktober 1999.

Miljø- og Energiministeriet (2000A) Bekendtgørelse om kosmetiske produkter. Bekendtgørelse nr. 594 af 6. juni 2000.

Miljø- og Energiministeriet (2000B) Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 10 2000. Miljøstyrelsens kemikalieinspektion – årsberetning 1999.

Miljøstyrelsen (1998A) Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 2. 1998. Vaskemidler og kemikalier på offentlige og private vaskerier. Miljø- og sundhedsvurdering.

Miljøstyrelsen (1998B) Listen over uønskede stoffer. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 7.

Miljøstyrelsen (1999) Strategi for en styrket indsats på kemikalieområdet i Danmark, i EU og globalt, Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, 1999.

Miljøstyrelsen (2001) Listen over uønskede stoffer. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 9.

Molander, S. og Moraes, R. (1998) Initial environmental risk assessment of selected shampoo constituents using the European Union system for the evaluation of substances (EUSES). Technical environmental Planning. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden.

Nolde, E. (1999). Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings - over ten years experience in Berlin. Urban Water 1:275-284.

NOVA 2003 (1999) Nationalt program for overvågning af vandmiljøet 1998 – 2003 "NOVA 2003". Del II. Udkast. Version af 23. marts 1999. Danmarks Miljøundersøgelser.

Palmquist, H. and Hanæus, J., 2001. Hazardous substances in grey- and blackwater from households at Vibyåsen housing area, Sweden. In ***Hazardous substances in wastewater systems. A delicate issue for wastewater management.*** Department of Environmental Engineering Division of Sanitary Engineering Luleå University of Technology. 2001.

Paxéus, N. og Schröder, H. F., 1996. Screening for non-regulated organic compounds in municipal wastewater in Göteborg, Sweden. Wat.Sci.Tech. 33 (6):9-15.

Pedersen, F., Tyle, H., Niemelä, J.R., Guttman, B., Lander, L. og Wedebrand, A. (1995) Environmental hazard classification – data collection and interpretation guide (2.nd ed.) Nordic Council of Ministers. TemaNord Environment. Nov. 1995:581.

Rent hjem (2000) Oversigt over indholdsstoffer i vaske- og rengøringsmidler. Hentet på: www.renthjem.dk/grundsider7dokument.asp?id=1349

Rieppen, G., Handbuch Umwelt-Chemikalien-56. Erg. Lfg. 9/2001.

Rose, J.B., Sun, G., Gerba, C.P., and Sinclair, N.A. (1991). Microbial quality and persistence of enteric pathogens in graywater from various household sources. *Wat. Res.* 25 (1): 37-42.

Roth (1999) Wassergefährdende Stoffe. ecomed. Bind 1, 2 & 3. Sidst opdateret 1. maj 1999.

Santala, E., Uotila, J., Zaitsev, G., Alasiurua, R., Tikka, R., and Tengvall, J. (1998). Microbiological greywater treatment and recycling in an apartment building. AWT98 - Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse: Milan 14-16 September 1998: 319-324.

Schöberl P., K. J. Bock, M. & L. Huber (1988b) Ökologisch relevante Daten von Tensiden in Wasch- und Reinigungsmitteln. Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe „Abbau/Elimination“ und „Bioteste“ im Hauptausschluss Detergentien unter der Leitung von Dr. K.J. Bock, Dr. L. Huber und Dr P. Schöberl. Berichte des HA-Detergentien – Reports of the HA-Detergents. Carl Hanser Verlag, München 1988. Tenside surfactants Detergents 25 (1988) 2.

Schöberl P., M. & L. Huber (1988a) Ökologisch relevante Daten von nichttensidischen Inhaltsstoffen in Wasch- und Reinigungsmitteln. Bericht der Arbeitsgruppe „Abbau/Elimination“ und „Aquatische Bioteste“ unter der Leitung von Herrn Dr. P. Schöberl und Herrn Dr. L. Huber. Berichte des HA-Detergentien – Reports of the HA-Detergents. Carl Hanser Verlag, München 1988. Tenside surfactants Detergents 25 (1988) 2.

Sheikh, B. (1993). The city of Los Angeles gray water pilot project shows safe use of gray water is possible. *Water Resources Planning Management and Urban Water Resources*, ASCE, New York, NY (USA): 678-681.

Shin, H.-S., Lee, S.-M., Seo, I.-S., Kim, G.-O., Lim, K.-H., and Song, J.-S. (1998). Pilot-scale SBR and MF operation for the removal of organic and nitrogen compounds from greywater. *Wat. Sci. Tech.* 38 (6): 79-88.

Siegrist, H., Witt, M., and Boyle, W.C. (1976). Characteristics of rural household wastewater. *Journal of the Environmental Engineering Division* 102 (EE3): 533-548.

Smith, Morten, 2000. Rensningsmetoder for gråt spildevand – en karakteristik og analyse af 2 etablerede grävandsanlæg, Eksamensprojekt, M&R DTU.

Stache, H. (1979) Tensid-Taschenbuch. Carl Hauser Verlag, München, 1979.

Stalmans, M., E. Matthijs, E. Weeg og S. Morris (1993). The environmental properties of glucose amide – a new nonionic surfactant. *SÖFW-Journal* 19:795-808. 1993.

Strangfeld A. (1997) Ein Waschmittel auf Seifenbasis im Vergleich zur konventionellen Konkurrenz. – Anwendung der Ökobilanz-Methodik aus einer Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes auf das Ökowaschpulver SODASAN . Diplomarbeit. Universität Hannover. 1997.

Surendran, S. and Wheatley, A.D. (1998). Grey-water reclamation for non-potable re-use. J.CIWEM 12:406-413.

Svensson, S. (1994) Tensider, Litteraturstudie över tensiders miljöpåverkan. Svenska Naturskyddsföreningen. Envira miljökonsulent juni 1994. Revideret dec. 1994.

Swedmark, M. (1986) Tensider –egenskaber och miljöeffekter. SNV PM 1999. Statens naturvårdsverk, Solna.

SÖFW-Journal (1994) Shampoo auf Basis von Aniontensiden mit verbesserten konditioniereffekt. Shampoos. SÖFW-Journal. 120. 4/94.

SÖFW-Journal (1995) Neue Produkte/Firmennachrichten. Enthaarungs-Crème mit Mandelöl. SÖFW-Journal. 121. 8/95.

Toft, J. og Dall, O. (1996) Husholdningskemikalier. Miljøet slås med stort forbrug. Råd & Resultater nr. 5, 1996. Forbrugerstyrelsen.

Tryland, Ø og Haraldstad, Ø. (1991) Tensider i vaske- og rengjøringsmidler. – Miljøvurdering. Statens Forureningstilsyn. SFT-rapport nr. 91:06c. 1991.

TSNCI (1994) The Swedish National Chemicals Inspectorate. Tvätt- disk- och rengöringsmedel – redvisning av ett regeringsuppdrag-KEMI. Rapport från kemikalieinspektionen. 5/94.

VCH (1998) Nonylphenol. Gesellschaft deutscher Chemiker, 1988.

Verschuere, K. (1996). Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, 3rd Edition. Van Nostrand Reinhold an International Thomson Publishing Company 1996. ISBN 0-442-01916-5.

Databaser

Bundesinstitut für Risikobewertung, (2002). Internet länk
http://www.bfr.bund.de/cms/detail.php?template=internet_en_index_js

Chemical Health and Safety Data database (2001). National Toxicology Program, Internet länk http://ntp-server.niehs.nih.gov/Main_Pages/Chem-HS.html

European Commission (2000). IUCLID CD-ROM, 2nd Edition on High Production Volume Chemicals, European Chemicals Bureau.

Fragranced Products Information Network (2000). Internet länk,
<http://www.ameliaww.com/fpin/FragMatTox.htm#Nerves>

Hazardous Substances Data Bank. (2000). Internet länk,
<http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen>

SIGMA-ALDRICH Technical library (2000). Internet länk,
<http://www.sigma-aldrich.com/saws.nsf/Technical+Library?OpenFrameset>

Syracuse Research Corporation databaser (2000-2001)

BIODEG Chemical Search, Internet länk,

<http://esc.syrres.com/efdb/biodeg.htm>

BIOLOG Chemical Search, Internet länk,

<http://esc.syrres.com/efdb/biolog.htm>

CHEMFATE Chemical Search, Internet länk,

<http://esc.syrres.com/efdb/Chemfate.htm>

Interactive LogKow (KowWin) Demo, Internet länk,

<http://esc.syrres.com/interkow/kowdemo.htm>

U.S. EPA (2001) ECOTOX database including AQUIRE, PHYTOTOX and TERRETOX, Office of Research and Development and the National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Internet länk,
<http://www.epa.gov/ecotox/>.

Bilag A: Søgeprofil for litteraturstudium

Søgningen af litteratur med hensyn til stoffer fundne i gråt spildevand og potentielt forekommende stoffer er fortaget på fem forskellige måder:

- Gennemgang af referencelister i den kendte og fundne litteratur.
- Søgning i Danmarks Tekniske Videnskabscenters artikeldatabase – **DADS**.
- Søgning i Danmarks Tekniske Videnskabscenters bogdatabase – **ALIS**.
- Søgning i litteraturdatabaserne **Cambridge Scientific Abstracts Internet Database Service**.
- Søgning på Internettet (f. eks. Grøn Information, Miljøstyrelsen, STP, Forbrugerstyrelsen, Svenska Naturskyddsföreningen, Naturvårdsverket, Kemikalieinspektionen, US-EPA, Forskellige kemikalieproducenters hjemmesider).

Til farlighedsidentifikationen er der søgt data for stoffernes fysiske, kemiske og biologiske egenskaber i databaser, håndbøger og publiceret litteratur f.eks. ECOTOX, IUCLID, HSDB and Rieppen (2001), se reference liste.

Ved en gennemgang af referencelister af allerede kendt litteratur er der fundet henvisninger til artikler, rapporter mm. der indeholder relevante oplysninger. Litteraturen er fundet og dennes referenceliste er ligeledes gennemgået.

Der er søgt på en række forskellige engelske keywords i ovenstående måder, nemlig:

after shave, alternative handling, bacteria, bathtub, cleaning agents, conditioners, cosmetics, detergents, dishwashing liquids, dish washer, domestic cleaners, domestic wastewater, dye, fabric softeners, , gray water, graywater, grey water, greywater, grey wastewater, hand basin, household chemical products, household chemicals, household effluent, household wastewater, kitchen sink, laundry, laundry machine, lotions, micro organisms, microbiol?, parasites, perfume, personal care products, protozo?, residential sewage, reuse, shampoo, shaving products, shower, skin creams, soap, sullage, tensides, toiletries, tooth paste, virus, wastewater, window washer.

Derudover er der søgt på en række danske keywords, nemlig:

balsam, blegemiddel, blegemidler, blødgørere, creme, detergenter, duftstoffer, emulgator, farve, gråt spildevand, gråvand, hårfarve, konserveringsmiddel, konserveringsmidler, kosmetik, maskinopvask, opløsningsmiddel, opløsningsmidler, opvaskemiddel, opvaskemidler, overfladeaktiv, parfume, rengøringsmidler, rengøringsmiddel, shampoo, sæbe, tandpasta, tensid, vaskemiddel, vaskemidler og vaskepulver.

Bilag B: Miljøfremmede organiske stoffer, der potentielt kan forekomme i gråt spildevand

Amfotære detergenter

Stof	Cas-nr.	Prioritet
Alkylamfogluciner /6/		7
Alkylamfocarboxylglycinat /12/		
Alkylamidbetain /4/		3
Alkylamidopropylbetainer /6/		3
Alkylamidopropylsultainer /6/		4
Alkylbetainer /8//6/		3
Alkyldimethylaminoxid /24/		
Alkyldimethylbetain , C12-14 /32//4/	66455-29-6	5
Amidopropylbetainer /8//6/		3
Amidopropylsultainer /8//6/		
Amphocarboxylglycinat (APAC)/17/		
Amphogluciner /6/		3
Imidazolin-derivater /30/	288-32-4	
Kokoamphopolycarboxylglycinat /2/		
Kokosamidopropylbetain /2/	61789-40-0	2
Lauriminodipropionat /8/		3
Lauroamphodiactat /8/		3
Polycarboxylglycinat /16/		
Sulfobetain /11/		
Talgalkylpolytrimethylenpolyamin /4/		

Anioniske detergenter

Stof	Cas-nr.	Prioritet
Alfa-methylestersulfonat (MES) /11/		2
Alfa-olefinsulfonat (AOS) /11/	72674-05-6	2
Alkansulfonat (PAS/SAS) /5/		3
Alkensulfonat /25/		
alkoholbenzoat C12-15 /22/		
Alkolethersulfat (FES) /30/		
Alkoholsulfat (FAS) /11/		
Alkylarylsulfonat /11/		
Alkylbenzensulfonat, Na-salt /24/		
Alkylderivater af benzensulfonsyre C10-C13 Na-salt /21/	68411-30-3	
Alkyletherkarboxylat /11/		
Alkylethersulfat, C12, 1-4 EO /32/ /21/	9004-82-4/1335-72-4	7
Alkylethersulfater (AES) /8/		3
Alkylisethionat /8/		5
Alkylsulfater (AS) /8//32/		3
Alkylsulfoacetat /16/		

Alkylsulfosuccinat /8/		3
Benzen sulfonsyre C10-16 derivat /21/	68584-22-5	
Disulfosuccinat /11/		
Dodecylbenzensulfonsyre, Na-salt (LAS) /2//21/	25155-30-0	2
Dodecylbenzensulfonsyre C10-13 /21/	27176-87-0	5
Isotridecanoethoxylat (C13 AE-7) /19/		3
Laurylsulfat /23/	151-41-7	
laurylsulfat, ammonium/22/		
Mono C7-C17 alkylderivat af benzensulfonsyre /21/	68953-90-2	
Natiumalkylethersulfat /24/		
Natrium myreth sulfat /22/		
Natriumalkylsulfat /24/		
Natriumalkylsulfonat /24/		
Natriumcarboxylat /24/		
Natriumcetearylsulfat /40/		
Natriumdodecyl-3EO-sulfat /30/		
Natriumdodecylsulfat /32/	151-21-3	3
Natriumdodecylsulfat /16/	1335-72-4/9004-82-4	5
Natriumdodecyltrioxyethylenesulfat /16/	13150-00-0	7
Natriumlaurylethersulfat /22/		
Natriumlaurylpolyglycolethersulfat /25/		
Natriumsalt af alkylderivat af benzensulfonsyre /21/		
Natriumsalt af C13-C17 sec. Alkansulfonsyre /21/	85711-69-9	
Organofosfater /3/		
Paraffinsulfonater /17/		
Phosphatealkyl ester (PHO) /16/		
Prim.-n-Alkenyl/C14-C18)-sulfonat, Na-salt /16/		
Prim.-n-Alkyl(C12-C18)-sulfat, Na-salt /16/		
sec.-n-Alkyl(C10-C13)benzolsulfonat, Na-salt /16/		
sec.-n-Alkyl(C14-C17)-sulfonat, Na-salt /16/		
Sek. Alkansulfonater /16/		
Sulfonater /18/		2
Sulfosuccinater /16/		
Tetrapropylenbenzensulfonat /4/		4
Toluolsulfonat, Na-salt /16/		
9-Octadecen syre(Z) /16/	57-10-3	8
Cetylestere /43/		
Dilinol syre /36/	60-33-3	
Fedtsyrer; C14-18 & C16-18 umættede /16/	67701-06-8	8
Fedtalkoholethersulfat (FES) /11/		
Fedtsyre (C12-C18) /16/		8
Fedtsyre, C11-C14 /21/	68424-37-3	8
Fedtsyrealkoholer /6/		8
Fedtsyrealkoholer, C16-20 /6/		8
Glyceryl oleat /36/	25496-72-4/111-03-5	
Kokosfedtsyre /8/	8001-31-8	8
Kokosfedtsyrenatriumsalt /21/	61789-31-9	8
Myristat /22/	544-63-8	
Natriumlaurat /8/	143-07-7	8
Natriumsalt af C16-C18 fedtsyre /21/	68424-38-4	
Oliesyre, som natrium og kalium salte /21/	112-80-1	
Palmeolie/Palmekerneolie fedtsyresæbe /32/	61789-89-7/61790-97-2	8
Panthenol /6//37//43/	81-13-0	3

Sojabønneoliefedtsyre /21/	68308-53-2	
Stearat , Mg-salt /16/		
Stearate, Na-salt /21//22/	822-16-2	
Taglfedtsyre og Na-salt /8/	8052-48-0	8

Kationiske detergenter

Stof	Cas-nr.	Prioritet
Alkylpyridiner /3/		
Alkyltrimethylammoniumbromid /24/		
Alkyltrimethylammoniumklorid /6/		3
Benzalkoniumklorid /6//4/	8001-54-5	1
Benzylammonium /3/		
Cetyltrimethylammoniumchlorid /32/	112-02-7	1
Cocamid DEA /38/	61791-31-9/68603-42-9	5
Cocamid MEA /20/		
Cocamid MIPA /40/		
DADMAC /6/		3
DEEDMAC /32/		5
DHTDMAC /15/	61789-80-8	1
Dimethylalkylammonium /3/		
Distearyldimethyl-ammoniumklorid /30/		
DMDTAC /30/		
DSDMAC /15/	107-64-2	1
DTDMAC /15/	68783-78-8	2
Esterquat-forbindelser /6/		5
Guarderivat /25/		
Imidazoliniumsalte /30/		
Kvartenære ester forb. /29/		5
Polyquarternium-11 /22/		
Polyquaternium /20/		
Polyquaternium-10 /37/	81859-24-7/53568-66-4	
Polyquaternium-43 /20/		
Polyquaternium-7 /20/		
Quarternium-80 /20/		
Quaternium /20/		
Quaternium-14 /23/		
Quaternium-18 /20/		
Quaternium-26 /29/		
Quaternium-52 /29/		
Trimethylalkylammonium /3/		
Diesterquat /32/		5

Nonioniske detergenter

Stof	Cas-nr.	Prioritet
Alkoholer ethoxylerede C13-C15/21/	64425-86-1	
Alkoholer ethoxylerede C16-18 /22/		
alkoholer ethoxylerede C16-C18 /21/	68439-49-6	
Alkoholethoxylater (AEO) EO<=10 /2//6/		2
Alkoholethoxylater, C12-14, 3/9EO /32/	68439-50-9	2
Alkoholethoxylater, C12-15, 7EO /32/	68131-39-5/69011-36-5	2
Alkyl amidethoxylater /4/		2
Alkyl aminethoxylater /30/		2
Alkyl(C12-C14)-polyethylenglycolether (3 EO)-sulfat, Na-salt /16/		

Alkyl(C12-C18)-polyethylenglycol(<8 EO)-polypropylenglycol (<8 PO)-ether /16/		
Alkyl(C12-C18)-polyethylenglycolether (< 8 EO)-fosforsyremono(di-ester, K-salt /16/		
Alkyl(C12-C18)-polyethylenglycolether (12 EO) /16/		
Alkyl(C8-C12)-phenolpolyethylenglycolether (9 EO) /16/		
Alkylalkoholpolyethylenglycol /24/		
Alkylaminoxider /3/		
Alkylethoxylater /4/		
Alkylglycosid, C12-14 /32/	141464-42-8	5
Alkylglycosid, C8-10 /32/	54549-25-6	7
Alkylphenolethoxylat, C9, 9EO /32/	26027-38-3/26571-11-9	1
Alkylphenolethoxylater (APEO) /6//35/		1
Alkylphenolpolyethylenglycol /24/		
Alkylpolyglycosider (APG) /8//2//6//11/		7
Aminoxid /11/		
Blokpolymerer /3/ eks. Etylenpropylenpolymerer		8
Ethoxylat /3/		5
Ethylenglycol /3/	107-21-1	3
Ethylenoxid/propylenoxid polymer (EPE) /21/	9003-11-6	
Fedtalkohol (EO/PO-ethoxylater) /30/		2
Fedtaminethoxylater /30/		5
Fedtsyrealkoholethoxylater (AEO) /30/		2
Fedtsyrealkoholaamider (FAA) /30/		
Fedtsyreamidethoxylater (FAEO) /3/		
Fedtsyreethoxylater /11/		
Fedtsyrepolyglycolester /30/		
Glucoseamider (C12, C12/14, C14) /19/		
Glucoseamin (C16-C18) /19/		7
Glycol distearat /6//38/	627-83-8	6
Glycol stearat /6/	111-60-4	5
Kokosfedtsyre diethanolamid /8/	68603-42-9	2
Kokosfedtsyre monoethanolamid /8/	68140-00-1	5
Nonylphenol (NPE) /29/	25154-52-3	1
Nonylphenol-9EO /30/	25154-52-3?	
Nonylphenolethoxylater (NPEO) /1/	9016-45-9	4
Nonylphenolethoxylater, forgrenet /21/	68412-54-4	
Octylphenol /23//35/	27193-28-8	
Octylphenolethoxylater /15/	9036-19-5/9002-93-1	
PEG-15 cocopolyamin /10/		8
PEG-2 hydrogeneret castor olie /22/		
PEG-40 /22/		
PEG-40 sorbitan peroleat /22/		
PEG-6 /23/		
PEG-7-glycerol coccoat /10/	66105-29-1	6
PEG-7M /22/		
PEG-fedtsyreestere, EO = 20 /6/		4
PEG-fedtsyreestere, EO:5-30 /6/		8
Polyethylenglycolethere (PEG) /8//6/		7
Polyoxyethylen(20)sorbitanmonooleat (TWEEN 80) /24/		
Polysorbater EO = 20 /6/	9005-64-5	8
PPG-11 stearylether /22/		
PPG-26-buteth-26 /22/		

PPG-9 /23/		
Propoxylat /3/		
Tridecylalkohol-9EO /30/		
Alkylglycosid /14//23/		4
Propylenglycol /3//11//36/	57-55-6	8

Blegemidler

Stof	Cas-nr.	Prioritet
Ammoniumperoxiddisulfat /21/	77-27-54-0	
Chlorisocyanurat /12/		
Eddikesyre /21//12/	64-19-7	8
Hydrogenperoxid /12/	7722-84-1	
Hypoklorit /12/	14380-61-1	
Natriumdichlorisocyanurat /21/	2893-78-9	
Natriumdichlorisocyanurat, dihydrat /21/	51580-86-0	
Natriumhypoklorit /21/	7681-52-9	8
Natriumperborat /23/		
Natriumperborat, perhydrat /21/	10042-94-1	
Natriumperoxyborat /21/	11138-47-9	
Natriumperoxyborat, tetrahydrat /21/	10486-00-7	
Perborater /12/		8
Perkarbonat /12/		8
Persulfater /12/		
TAED /12/	10543-57-4	8

Farvestoffer

Stof	Cas-nr.	Prioritet
2,2'-Dichlor-4,4'-methyldianilin /35/	101-14-4	2
2,4,5-Trimethylaniline /35/	137-17-7	
2-Naphthylamin /35/	91-59-8	
3,3'-Dichlorbenzidin /35/	91-94-1	1
3,3'-Dichlorbenzidin dihydrochlorid /35/	612-83-9	
4,4'-Bis-o-toluidin /35/	119-93-7	
4,4'-Diaminodiphenylmethan /35/	101-77-9	
4,4'-Methylen-di-o-toluidin /35/	838-88-0	
4,4'-Oxydianilin /35/	101-80-4	
4,4'-Thiodianilin /35/	139-65-1	
4-Aminobiphenyl /35/	92-67-1	
4-Chloranilin /35/	106-47-8	5
4-Chlor-o-toluidin /35/	95-69-2	
4-Methoxy-m-phenylenediamin /35/	615-05-4	
4-Methyl-m-phenylenediamin /35/	95-80-7	4
5-Nitro-o-toluidin /35/	99-55-8	
6-Methoxy-m-toluidin /35/	120-71-8	
Benzidin /35/	92-87-5	3
C.I. Acid Blue 9 diammoniumsalt /21/	2650-18-2	
C.I. Pigment 60 /16/	81-77-6	
C.I. Pigment 88 /16/	14295-43-3	
o-Aminoazotoluen /35/	97-56-3	2
o-Ansidin /35/	90-04-0	3
o-Dianisidin /35/	119-90-4	
o-Toluidin /35/	95-53-4	7
Tartrazin /21/	1934-21-0	

Emulgatorer

Stof	Cas-nr.	Prioritet
Carbomer /35/	9007-20-9/9003-01-4	
Carbomer 940 /22/		
Ceteth-20 /23/	9004-95-9	
Cetylalkohol /40/	36653-82-4	8
Dimethicon /40/	9006-65-9/63148-62-9	
Dimethylsilikon-copolymer /14/		
Gelatine /16/	9000-70-8	
Glycerinethere /16/		
Glycerylstearat SE /22/	11099-07-3	
Hydrolyseret protein /14/		
Lanolin, acetylerede /14/		
Lanolin, ethoxylerede /14/		
Lecitin /14/	8002-43-5	
Oleylalkohol /32/	143-28-2	8
PEG-monoethere og andre carboxylsyre /14/		
Polyaminer /14/		
Polyethylenglycol /14/	25322-68-3	
Polyethylenglycol, PEG > 30 EO /14/		
Polyethylenglycol, PEG 25-30 EO /14/		
Polyethylenvoks/Polyethylen /21/	9002-88-4	
Polysaccharid /16/	9002-18-0	
Polyvinylpyrrolidon (PVP) /14/	9003-39-8	6
Siloxaner /14/		
Sorbitan oleat /22/	1338-43-8	
Sorbitan sesquioleat /22/	8007-43-0	
Sorbitanmonopalmitat /16/	26266-57-9	
Sorbitol /14//36/	50-70-4	
Xantangum /22/	11138-66-2	

Enzymer

Stof	Cas-nr.	Prioritet
Amylase /16/	9000-92-4	
Amyloglucosidase /23/		
Glucoseoxidase /23/		
Protease /16/	9001-92-7	

Duft- og smagsstoffer

Stof	Cas-nr.	Prioritet
(1S)-(-)-a-Pinen /16/	7785-26-4	
(R)-(+)-Pulegon, 85+% /16/	89-82-7	
1,2-Ethandithiol /16/	540-63-6	
1-Butanethiol /16/	109-79-5	
1-Decanol /16/	112-30-1	
1-Furfurylpyrrol /16/	1438-94-4	
1-Methyl-1,4-cyclohexadien /16/	4313-57-9	
1-Octanol /16/	111-87-5	
1-Octen-3-ol /16/	3391-86-4	
1-Phenyl-1,2-propanedion /16/	579-07-7	
1-Phenyl-1-propanol /16/	93-54-9	
1-Propanol /16/	71-23-8	
2,4-Hexadienal /16/	142-83-6	
2,4-Xylenol /16/	105-67-9	

2,5-Dimethylfuran /16/	625-86-5	
2,5-Xylenol /16/	95-87-4	
2,6-Diisopropylphenol /16/	2078-54-8	
2,6-Dimethyl-4-heptanol /16/	108-82-7	
2,6-Dimethyl-4-heptanon /16/	108-83-8	
2,6-Dimethylpyridin /16/	108-48-5	
2,6-Xylenol /16/	576-26-1	
2-Acetyl-5-methylfuran /16/	1193-79-9	
2-Ethylbutyl syre /16/	88-09-5	
2-Ethylhexan syre /16/	149-57-5	
2-Isopropylphenol /16/	88-69-7	
2-Methoxy-4-propylphenol /16/	2785-87-7	
2-Methyl-3-buten-2-ol /16/	115-18-4	
2-Methyl-3-furanthiol /16/	28588-74-1	
2-Methylfuran /16/	534-22-5	
2-Naphthalenethiol /16/	91-60-1	
2-Pentanon /16/	107-87-9	
2-Phenethyl isothiocyanat /16/	2257-09-2	
2-Phenylethanol /10/	60-12-8	8
2-Propylphenol /16/	644-35-9	
2-Thienyl disulfid /16/	6911-51-9	
3,4-Xylenol /16/	95-65-8	
3,7-Dimethyl-6-octen syre /16/	57030-77-0	
3-Acetylpyridin /16/	350-03-8	
3-Penten-2-on /16/	625-33-2	
4-Methyl-3-penten-2-on /16/	141-79-7	
4-Methyl-5-vinylthiazol /16/	1759-28-0	
4-Methylpentan syre /16/	646-07-1	
4-Methylthiazol /16/	693-95-8	
4-Penten syre /16/	591-80-0	
4-Propylphenol /16/	645-56-7	
4-Vinylphenol /16/	2628-17-3	
5-Ethyl-2-methylpyridin /16/	104-90-5	
Acetaldehyd /16/	75-07-0	
ADBI /36//42/	13171-00-1	
AHMI /36//42/	15323-35-0	
AHTN /36//42/	21145-77-7/1506-02-1	2
a-Ionon /16/	127-41-3	
AITI /36//42/	68140-48-7	
Algeekstrakt /14/		4
Allyl butyrat /16/	2051-78-7	
Allyl cyclohexanepropionat /16/	2705-87-5	
Allyl disulfid /16/	2179-57-9	
Allyl heptanoat /16/	142-19-8	
Allyl hexanoat /16/	123-68-2	
Allyl isothiocyanat /16/	57-06-7	
Allyl isovalerat /16/	2835-39-4	
Allyl phenoxyacetat /16/	7493-74-5	
Aloe Vera ekstrakt /14/		4
alpha-Isomehtyl ionon /16/	127-51-5	
a-Methylbenzyl alkohol /16/	98-85-1	
Ammonium sulfid /16/	12135-76-1	
Amyl alkohol /16/	71-41-0	
Amyl format /16/	638-49-3	

Amylcinaldehyd /16/	122-40-7	
Amylcinnamyl alkohol /16/	101-85-9	
Anise olie /16/	8007-70-3	
Anisylalkohol /16/	105-13-5	
a-Phellandren /16/	99-83-2	
a-Terpineol /16/	10482-56-1	
Azodicarbonamid /16/	123-77-3	
Bay olie /16/	91721-75-4	
Bee wax substitute /14/		4
Benzaldehyd /16/	100-52-7	
Benzen-1,3-diol /9/	108-46-3	3
Benzenethiol /16/	108-98-5	
Benzothiazol /16/	95-16-9	
Benzyl mercaptan /16/	100-53-8	
Benzylacetat /10/	140-11-4	7
Benzylbenzoat /16/	120-51-4	
Benzylcinnamat /16/	103-41-3	
Benzylideneaceton /16/	1896-62-4	
Benzylsalicylat /16/	118-58-1	
Bisabolol /22/	515-69-5	
Butyl propionat /16/	590-01-2	
Butylamin /16/	109-73-9	
Butylated hydroxyanisol /16/	25013-16-5	
Butyraldehyd /16/	123-72-8	
Caffein /16/	58-08-2	
Calendulaekstrakt /11/		4
Cassia olie /16/	8007-80-5	
Cinnamal /16/	104-55-2	
Cinnamon bark olie /16/	8015-91-6	
Cinnemylalkohol /16/	104-54-1	
Citral, blanding af cis og trans /16/	5392-40-5	
Citronellal /16/	106-23-0	
Citronellol /16/	106-22-9	
Citrus Nobilis /8/	8008-56-8	4
Coumarin /16/	91-64-5	
d-Camphor /16/	464-49-3	
Di(ethylen glycol) ethyl ether /16/	111-90-0	
Diacetyl /16/	431-03-8	
Dihydro-β-ionon /16/	17283-81-7	
Dimethyl disulfid /16/	624-92-0	
Diphenyl ether /16/	101-84-8	
d-Limonen /16/	5989-27-5	
DL-Isoleucin /16/	443-79-8	
dl-Menthol /22/	89-78-1	
dl-Valin /16/	516-06-3	
Ethyl 3-methyl-3-phenylglycidat /16/	77-83-8	
Ethyl formate, natural, 80+% /16/	109-94-4	
Ethyl vinyl keton /16/	1629-58-9	
Eugenol /16/	97-53-0	
Farnesol /16/	4602-84-0	
Fedtsyre C4 /16/	107-92-6	
Fedtsyre C5 /16/	109-52-4	
Fedtsyre C6 /16/	142-62-1	
Fedtsyre iso-C4 /16/	79-31-2	

Fedtsyre iso-C5 /16/	503-74-2	
Fumar syre /16/	110-17-8	
Furfural /16/	98-01-1	
Furfuryl alkohol /16/	98-00-0	
Fyrrenåleolie /21/		4
Geraniol /16/	106-24-1	
Guaiacol /16/	90-05-1	
Heptyl alkohol /16/	111-70-6	
Hexyl cinnamicaldehyd /10/	101-86-0	1
HHCB /36//42/	1222-05-5	2
Hydroxycitronellal /16/	107-75-5	
Indol /16/	120-72-9	
Isoamyl acetat /16/	123-92-2	
Isoamyl alkohol /16/	123-51-3	
Isoeugenol /16/	97-54-1	
Isophoron /16/	78-59-1	
Isoquinolin /16/	119-65-3	
Jordnøddeolie /14/		4
Kamilleekstrakt /11/		4
Laural	31906-04-4	4
/Hydroxymethylpentylcyclohexencarboxaldehyd /10/		
Lavandula Angustifolia /8/		4
Lilial /16/	80-54-6	
Linalool /16/	78-70-6	
L-Leucin /16/	61-90-5	
l-Menthol /16/	2216-51-5	
Maltol /16/	118-71-8	
m-Cresol /16/	108-39-4	
Melaleuca Alternifolia /8/	85085-48-9	4
Methyl acetat /16/	79-20-9	
Methyl anthranilat /16/	134-20-3	
Methyl benzoat /16/	93-58-3	
Methyl propyl disulfid /16/	2179-60-4	
Methyl salicylat /16/	119-36-8	
Methylheptyn carbonat	111-12-6	
Moskusylener /16/		
Musk ambrette /36//42/	123-69-3	
Musk keton /36//42/	81-14-1	
Musk mosken /36//42/	116-66-5	
Musk tibeten /36//42/	145-39-1	
Musk xylen /36//42/	81-15-2	
Nonyl alkohol /16/	143-08-8	
o-Cresol /16/	95-48-7	
Octylsalicylat /22/	6969-49-9	
Olivenolie /14/	8001-25-0	4
Origanum olie /16/	8007-11-2	
Palmeolie /14/	8002-75-3	4
p-Cresol /16/	106-44-5	3
p-Cymen /16/	99-87-6	
Peppermynteolie /23/		
Phenethylamin /16/	64-04-0	
Phenyl salicylat /16/	118-55-8	
Phenylacetaldehyd /16/	122-78-1	

Piperidin /16/	110-89-4	
Piperin /16/	94-62-2	
Polysorbat 80 /16/	9005-65-6	
Propylgallat /22/	121-79-9	
Prunus Persica /8/		4
Pyrazineethanethiol /16/	35250-53-4	
Pyridin /16/	110-86-1	
Pyroligneous syre /16/	8030-97-5	
Pyrrolidin /16/	123-75-1	
Quinin,monohydrochlorid dihydrat /16/	6119-47-7	
Quinolin /16/	91-22-5	
Ricinolja /22/	8001-79-4	
Salicylaldehyd /16/	90-02-8	
Sassafras olie /16/	8006-80-2	
β-Ionon /16/	14901-07-6	
Styren /21/	100-42-5	2
Styren oxid /16/	96-09-3	
Thymus Vulgaris /8/		4
trans,trans-2,4-Heptadienal /16/	4313-03-5	
trans-2-Heptenal /16/	18829-55-5	
trans-2-Hexenal /16/	6728-26-3	
Trimethylamin /16/	75-50-3	
Witch hazel distillate /14/	68916-39-2	4

Konserveringsmidler

Stof	Cas-nr.	Prioritet
1,2-Benzisotiazolin-3-on /11/	2634-33-5	4
1,5-Pentandial /21/	111-30-8	
1,6-Di-(4-amidinophenoxy)-nhexan (Hexamidin) samt salte heraf /31/	659-40-5	
1-Hydroxy-4-methyl-6-(2,4,4-trimethylpentyl)-2-pyridon /31/	68890-66-4	
1-Imidazolyl-1-(4-chlorphenoxy)-3,3-dimethylbutan-2-on /31/	38083-17-9	
2,4-Dichlorbensylalkohol /11/	1777-82-8	
2-Benzyl-4-chlorphenol /31/	120-32-1	
2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol /8/	52-51-7	1
2-Methyl-3-isothiazolin-3-on /23/		
2-Methyl-3-isothiazolon /21/	2682-20-4	
2-Phenylphenol samt salte heraf /31//11/	90-43-7	5
3-(4-Chlorphenoxy)propan-1,2-diol /31/	104-29-0	
3,3'dibrom-5,5'dichlor-2,2'-dihydroxydiphenylmethan /31/	15435-29-7	
3-Acetyl-6-methylpyran-2,4(3H)-dion samt salte heraf /31/	520-45-6	
3-Jod-2propynylbutylcarbammat /31/	55406-53-6	
4,4-Dimethyloxazolidin /11/	51200-87-4	6
4-Chlor-3,5-xilenol /31/	88-04-0	
4-Hydroxybenzoesyre samt salte heraf /31/	99-96-7	
4-Isopropyl-m-cresol /31/	3228-02-2	
5-Amino-1,3-bis(2-ethylhexyl)-5-methylhexahydropyrimidin /31/	141-94-6	
5-Brom-5-nitro-1,3-dioxane /8//23/	30007-47-7/73482-03-8	1
5-Chlor-2-methyl-4-isotiazilin-3-on /11/& /21//8/	26172-55-4	1
7-Ethylbicyclooxazolidin /31/	7747-35-5	
Alkyl(C8-C18) dimethylbenzylammoniumchlorid /31/	63449-41-2	

Alkyl[C12-C22]trimethylammoniumbromid og -chlorid /31//29/	57-09-0/112-02-7	
Benzethoniumchlorid /31/	121-54-0	
Benzoate, Na-salt /37/	532-32-1	8
Benzoater/benzylalkohol /6/		8
Benzoesyre og deres salte /11//39/	65-85-0	7
Benzyl paraben /34/	94-18-8	
Benzylhemiformal /23/	14548-60-8	
Biphenyl /35/	92-52-4	
Butylhydroxytoluen (BHT) /8//22/	128-37-0	4
Butylparaben /8//35/	94-26-8	5
Carbendazim	10605-21-7	
Chloracetamid /11//21//22/	79-07-2	
Chlorbutanol /31/	57-15-8	
Chlorhexidin /31/	55-56-1/18472-51-0	
Diazolidinylurea /11/	78491-02-8	6
Dibromhexamidin samt salte heraf /31/	93856-83-8	
Dichlor-N-[(dimethylamino)sulfonyl]flour-N-(p-tolyl)methansulfenamid /16/	731-27-1	
DMDM hydantoin /8//40/	6440-58-0	
Ethylparabener /8//35/	120-47-8	7
Formaldehyddonor /23/		
Formaldehyde /11/	50-00-0	7
Hexahydro-1,3,5-tris-(2 hydroxyethyl)-1,3,5-triazin /16/	4719-04-4	
Hexamethylenetetramin /21//23/	100-97-0	
Imidazolidinyl urea /8//39/	39236-46-9	1
Isobutyl paraben /34/	4247-02-3	
Isothiazolioner /12/		
Kaliumsorbat /8/	24634-61-5/590-00-1	4
Kathon GC /34/		
Kvarternium 15 /23/		
Methylbrom glutaronitril /10/	35691-65-7	7
Methylparabener/8/	99-76-3	7
Myresyre og dets natriumsalte /31//14/	64-18-6	8
Natriumhydroxymethylglycinat /11/	70161-44-3	6
nonylphenol, ortho- /11/	25154-52-3 (*)	4
Paraformaldehyd /23/	30525-89-4	
p-Chlor-m-cresol /21/	59-50-7	
Phenoxyethanol /8//11//6//35//22/	122-99-6	7
Phenoxyisopropanol /31/	770-35-4	
Phenylmercurisalte /31/	62-38-4/102-98-7	
Poly(1-hexamethylenbiguanid)hydrochlorid /31/	70170-61-5	
Propionsyre samt salte heraf /31/	79-09-4	
Propylparabener /8//35//22/	94-13-3	5
Quaternium-15 /32/	4081-31-3	3
Salicylsyre og salte og estre heraf /23//14/	69-72-7	
Sorbinsyre og salte samt estere heraf /8//23/	110-44-1	4
Thimerosal /31/	54-64-8	
Triclocarban /31/	101-20-2	
Triclosan /8/	3380-34-5	1
Undecylensyre samt salte heraf /31/	112-38-9	
Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinolin /16/	91-53-2	
Sulfaminsyre /32/	5329-14-6	
Benzylalcohol /11//9/	100-51-6	8

Ascorbinsyre (L)- /16/	50-81-7
Bromeddieksyre /16/	79-08-3
Chloreddikesyre /16/	79-11-8

Blødgørere

Stof	Cas-nr.	Prioritet
ATMP /30/	6419-19-8	6
Bis(2-methoxyethyl)phthalat /16/	34006-76-3	
Butyl benzylphthalat /16/	85-68-7	
Citrat /11/	77-92-9(?)	8
Citronsyre /12/	77-92-9	8
Di-(2-ethylhexyl)phthalat /16/	117-81-7	1
Dibutylphthalate (DBP) /15/	84-74-2	2
Diethylphthalat (DEP) /15/	84-66-2	3
Diisodecylphthalat /16/	26761-40-0	5
Diisononylphthalat (DNP) /15/	28553-12-0	1
Dimethyl phthalat /16/	131-11-3	
Di-n-octylphthalat (DnOP) /15/	117-84-0	
DTPMP /30/	15827-60-8	
EDTA /11/	60-00-4	6
EDTA og natriumsalte deraf /21//7//36//20/	64-02-8/139-33-3	6
EDTMP /30/		1
EHDP /14/		
Etidronsyre/HEDP /9//30/	2809-21-4	4
Fosfonater /23/		1
Glukonat /11/	526-95-4	
HDTMP /30/	23605-74-5	
Mælkesyre og Natriumsalt /22/	50-21-5	8
NTA og natriumsalte heraf /21//11/	139-13-9/5064-31-3/10042-84-9/15467-20-6/18662-53-8	3
p-Dibutylphthalat /16/	1962-75-0	
Polycarboxylat, P(AA-MA) /32//42/	52255-49-9	8
Polycarboxylater, P(AA) /32/ /42/	9003-01-4	8
Tartrat /11/	<u>133-37-9</u>	
Zeolit A /29/		6
Zeoliter /11/	1318-02-1	6

Opløsningsmidler

Stof	Cas-nr.	Prioritet
1,1,1-Trichlorethan /21/	71-55-6	6
1,1,2,2-tetrachlorethan /16/	79-34-5	
1,1,2-Trichlorfluorethan /16/	811-95-0	
1,2,4-Trichlorbenzen /16/	120-82-1	2
1,2-Dichlorethan /33/	107-06-2	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan /16/	13475-82-6	
2-Ethoxyethanol /21/	110-80-5	7
2-Methoxyethanol /21/	109-86-4	7
Acetatestere /13/		
Acetone /12/	67-64-1	7
Adipinsyre /32/	124-04-9	
Butan /16/	106-97-8	
Butyldiglycol /21/	112-34-5	
Butylglycol /21//22/	111-76-2	
Butyllocatanol /36/		

Cyclohexanon /12/	108-94-1	8
Cyklohexanol /12/	108-93-0	6
Decan /12/	124-18-5	
Dichlordifluormethan /16/	75-71-8	
Dichlormethan /15/	75-09-2	7
Diethanolamin /13/	111-42-2	3
Diethylenglycol /12/	111-46-6	8
Dimethylphenol /16/	1300-71-6	
Ethanolamin /16/	141-43-5	3
Ethylenaminer /12/		
Ethylen glycol monoethyl ether acetat /16/	111-15-9	
Gamma-Butyrolaceton /13/	96-48-0	
Glycerol /12/	56-81-5	
Glycolether /16/		
Heptan /12/	142-82-5	1
i-Butanol /12/	78-92-2	
i-Oktan /12/		
i-Paraffiner /12/	8002-74-2	
i-Propanol /12/	71-23-8/67-63-0	
Isopropanol /21//32/	67-63-0	3
Isopropylbenzen /12/	98-82-8	5
Klorede alifater /12/		
Kolophonium (Colophony) /16/	8050-09-7/8052-10-6/73138-82-6	
Methanol /12/	67-56-1	8
Methylethylketon (MEK) /12/	78-93-3	8
Mineralsk terpentin /21/	6742-88-7/8030-30-6/8052-41-3	
Naftener /12/	91-20-3	
n-Butanol /12/	71-36-3	8
n-Hexan /12/	110-54-3	4
N-Methyl-2-pyrrolidon /16/	872-50-4	
n-Paraffiner /12//6/	8002-74-2/64742-51-4/64771-72-8	4
Phenol /9/	108-95-2	3
Phenol, methyl- /33/	1319-77-3	
Propan /16/	74-98-6	
Propylenglycolether /12/		
Råolie /21/	64741-51-1	
Solventnaphtha /16/		
t-Butanol /12/	75-65-0	8
Terpener /12/		
Testbenzin /16/		
Tetrachlorethylen /15//21/	127-18-4	4
Toluen /12/	108-88-3	7
Trichlorfluorethan /16/	75-69-4	
Trichloroethylen /16/	79-01-6	6
Triethanolamin /6//12//35/	102-71-6	6
Urea /11/	57-13-6	8
Xylen, blandig /21/	1330-20-7	3
2-Ethylhexanol /12/	104-76-7	6
Butylacetat /12/	123-86-4	8
Ethylacetat /12/	141-78-6	8
Methylisobutylketon (MIBK) /12/	108-10-1	8
Ethanol /21//22/ /23/ /11/ /12/	64-17-5	8

UV-filtre

Stof	Cas-nr.	Prioritet
2-Ethylhexyl-4-dimethylaminno-benzoat /31/	21245-02-3	
2-Ethylhexyl-4-methoxycinnamat /31/	5466-77-3	
2-Ethylhexylsalicylat /31/	118-60-5	
2-Phenylbenzimidazol-5-sulfonsyre /31/	27503-81-7	
3,3,5-Trimethylcyclohexylsalicylat /31/	118-56-9	
3-Benzylidin camphor /31/	15087-24-8	
4-Aminobenzosyre (PABA) /31/	150-13-0	
4-methylbenzylidin camphor /31/	36861-47-9	
alfa-(2-oxoborn-3-yliden)-toluen-4-sulfonsyre og dets salte /31/	56039-58-8	
Benzoephonon-3 /31/	131-57-7	
Benzoephonon-4 /31//22/	119-61-9	
Benzoephonon-5 /31/	6628-37-1	
Butylmethoxydibenzoylmethan /31/	70356-09-1	
Camphor benzalkonium methosulfat /31/	52793-97-2	
Diotyl butamido triazon /31/	154702-15-5	
Drometrisol trisiloxan /31/	155633-54-8	
Ethoxyleret ethyl-4-aminobenzoat (=PEG-25 PABA) /31/	116242-27-4	
Isopentyl-4-methoxycinnamat /31/	71617-10-2	
Isopropylbenzylsalicylat /31/	94134-93-7	
Octocrylen /31/	6197-30-4	
Octyl triazon /31//22/	88122-99-0	
Polymer af N-(2&4)-(2-oxoborn-3-yliden)methyl)benzylacrylamid /31/	147897-12-9	
Terephthalyliden dicamphor sulfon syre /31/	90457-82-2	

Blandet

Stof	Cas-nr.	Prioritet
1,2-Butylenglycol /16/	584-03-2	
1,2-Ethandiamin /21/	107-15-3	
1-Naphthol /9/	90-15-3	
1-N-Methyl-2-heptadecenyl-3-olilamidooethylimidazoliniummethosulfat /16/		
2(3H)Benzothiazolethion /21/	149-30-4	
2-Butyn-1,4-diol /21/	110-65-6	
2-Oleamido-1,3-octadecanediol /40/		
4,4-bis(triazol-2-yl)-stilben-2,2-disulfon-syresalt /13/		
Acetyleret lanolinalkohol /22/		
Acrylnitril /21/	107-13-1	3
Acrylpolymer /21/	25987-66-0	
Acrylsyre/styren polymer /21/	25085-34-1	
Acrylsyrehomopolymer /21/		
Acyl(C12-C18)-amidopolyethylenglycolether (6-20 EO) /16/		
Acyl(C12-C18)-polyethylenglycolester (9 EO) /16/		
Akrylpolymer /22/		
Alfa-Sulfofedsyre(C12-C18)-methylester, Na-salt /16/		
Alkenoyl(C14-C18)-isethionat,K-salt /16/		
Alkyl(C12-C14)-dimethylaminoxid /16/		
Alkyl(C12-C18)-amin /16/		
Alkyl(C12-C18)-dimethylglycin /16/		

Allantoin /20/	97-59-6	
Amidosvovlsyre /16/		
Aminomethylpropanol /22/		
Aminomethylpropylstearat /22/		
Amphisol /22/		
Aodimethicone /10/		
Avocado oil /26/	8024-32-6	
Benzoazol-derivat /16/		
Bis(2-hydroxyethyl)-aminopropyl-N(hydroxyethyl)-	6818-37-7	
octadecylamindihydrofluorid /9/		
borat, Dinatriumtetra- /21/	1330-43-4	
Borax /21/&/22/	1303-96-4	
Borsyre /9/	10043-35-3	
Butanakrylamidakrylat /22/		
Butylacrylat /21/	141-32-2	
Butylaminoethyl /22/		
Butylmetoxidbenzoylmethan /22/		
Calciumformaldehidsulfoxylat /16/		
Calciumglycerofosfat /22/		
Carboxymethylcellulose (CMC) /21/	9000-11-7	
Carnauba voks /21/	8015-86-9	
Cetearylalkohol /35/	67762-27-0/8005-44-5	
Cetylacetat /22/	629-70-9	
Cetylan /22/		
Cetylether /40/		
Cetylpalmitat /22/	540-10-3	
Chinoliniumchlorid /16/		
Chlorhexidinadihydrochlorid /43/	3697-42-5	
Cholesterol /22//23/	57-88-5	
Coal tar /16/	8007-45-2	
Cocamidedea glycol distearat /22/		
Cocoamfodiacetat /22/		
Cocoamidopropylaminoxid /22/		
Cocobetane /40/		
Cocoglycosid /37/		
Collagen /16/		
Copolymer-acrylsyre-acrylmid, Na-salt /16/		
Copolymer-acrylsyre-maleinsyre (4:1) /16/		
Copolymer-ethylenglycol-terephthalsyre /16/		
Cryolit /16/	15096-52-3	
Cumolsulfonat, Na-salt /16/		
Cyclometikon /22/		
Cyclometoxikon /22/		
DEA-cetylfosfat /22/		
Decylglycosid /36/		
Dextrin /16/	9004-53-9	
Diaminphenoler /9/	95-86-3/75-09-2	
Dichlorisocyanurat, Na-salt /16/		
Diethylenglycoldimethylether /16/	111-96-6	4
Diethylether /22/	60-29-7	
Diglycolether /41/		
Dimethiconol /39/	31692-79-2	
Dimethylether /16/	115-10-6	
Dimeticoncopolyol /22/		

Dimeticone /22/	9006-65-9	
Dinatrium amphodiacetat /36/		
Dinatrium Lauroamphodiacetat /35/		
Diphenylthioether /16/	139-66-2	
Diphenylthiourea /16/	102-08-9	
Dipropylenglycol /6/	110-98-5	7
Estervoks /16/		
Ethenhomopolymer, oxideret /21/	68441-17-8	
Ethoxylerede aminer /11/		
Ethylacrylat /21/	140-88-5	
Ethylacrylat polymer /21/	9003-32-1	
Ethylendiamintetramethylenfosfonat, Ca-salt /16/		
Ethylenglycoldibutylether /16/		
Ethylenoxid /21/	75-21-8	7
Fosforsyre /21/	7664-38-2	
Fosforsyremonoalkyl(C12-C14)-ester, Na-salt /16/		
Fosforsyremonomethylester /16/		
Glucansyre /16/		
Glucisil /23/		
Glycerylarchidonaft /22/		
Glyceryllanolat /22/		
Glyceryllinoleat /22/		
Glyceryllinolenat /22/		
Glycin /22/	56-40-6	
Glyoxal /16/	107-22-2	
Guar-Hydroxypropyldimoniumchlorid /36/	65497-29-2	7
Hexadecylaminhydrofluorid /9/	3151-59-5	
Hexadecylmercaptan /16/	2917-26-2	
Hexafluorkieselsyre /16/	16961-83-4	
Hexamethylenbbiguanid-hydrochlorid /16/		
Hexylenglycol /35/	107-41-5	
Hydrolyseret hvedeprotein /39/	94350-06-8/70084-87-6	
Hydroxiethylcellulose /22/		
Hydroxy-8-quinolein (=oxyquinolin) /9/	148-24-3	
Hydroxycellulose /43/		
Hydroxyethandifosforsyre /16/		
Hydroxyethylcellulose /22/	9004-62-0	
Hydroxyfluorid Nicomthanolhydrofluorid /9/	62756-44-9	
Hydroxypolyguar /37/	68442-94-4/39421-75-5	
Hydroxypolytrimoniumchlorid /37/		
Hydroxystearyl /40/		
Isethionat /11/	107-36-8	
Isobutanakrylamidakrylat /22/		
Isohexadecan /20/	544-76-3	
Isononanoyloxybenzilsulfonat, Na-salt /16/		
Isopropyl /22/	108-21-4	
Isopropylmyristat /22/	110-27-0	
Isopropylpalmitat /22/	142-91-6	
Isosteareth-20 /22/		
Kalium thioglycolat /26//9/	68-11-1	
Kiselsyre /16/		
Kokosacylaminoethylhydroxyethylglycin /16/		
Kokosacylaminoethylpropyldimethylaminoxid /16/		
Kokosacyldiethanolamid /16/		

Kokosacylmonoethanolamid /16/		
Kokosalkylcarboxylat, triethanolamin-salt /16/		
Kokosalkyldimethylbenzylammoniumrhodanid /16/		
Kokosalkyliminodipolyethylenglycolether (12 EO) /16/		
Krotskyre /22/	3724-65-0	
Lanolinalkohol /22/	8027-33-6	
Lauramid DEA /20/	120-40-1	
Laureth-10 /22/	3055-94-5???	
Laureth-3 /10/	3055-94-5	
Lauryldimonium /39/		
Laurylethersulfosuccinat /23/		
Laurylmethicone copolyol /43/		
Laurylpolyglucose /38/		
Ligninsulfonat, Na-salt /16/		
Mandelolie /26/		
Mandelsyre /14/	90-64-2	
Metagin /22/		
Methyl-6-coumarin /9/	92-48-8	
Methylakrylat copolyol /22/		
Methylcellulose /16/		
Methyldibromglutaronitril /38/		
Methylhydroxypropylcellulose /16/		6
Methylmethacrylat /21/	80-62-6	
Mineralolie /16/		
Monoethanolamin Laurylsulfat /10/	4722-98-9	6
Monostearin /22/	123-94-4	
Montanvoks /21/	8002-53-7/68476-03-9	
Montanvoks, oxideret /21/	68476-04-0	
Morpholin /21/	110-91-8	7
Myristalkoniumchlorid /20/		
Myristoyl hydrolyseret collagen /22/		
Myristylmyristat /22/	3234-85-3	
N,N,N'-tri(polyoxyethylen)-N'-hexadecylpropylendiamindihydrofluorid /9/		
N,N-diethyl-m-toluamid /22/	134-62-3	
Natrium PCA /39/	28874-51-3/54571-67-4	
Natriumamphoacetat /39/		
Natriumcarboxymethylcellulose /21/	9004-32-4	
Natriumformaldehyddsulfoxylat /16/		
Natriumkarbomer /22/		
Natriumtridecethsulfat /35/		
Neocerit /22/		
Niacinamid /43/	98-92-0	
Octadecylaminhydrofluorid /9/	2782-81-2	
Octylakrylamidakrylat /22/		
Octyldodekanol /22/		
Oleammonium chlorid /27/		
o-Phenylphenolat, Na-salt /16/		
Oxalsyre samt estere og alkalisaltes heraf /9/	144-62-7	
Panthenyl ethylether /22/		
Pektinat, Na-salt /16/		
Petrolatum /20//22/	8020-83-5 or 8009-03-8	
Polyakrylat /28/		

Polyaminoisockerkondensat /22/		
Polydimethylsiloxan /16/		
Polyethylendistearat /23/		
Polyethylenglycol(5 EO)-polypropylenglycol(30 PO)-ether /16/		
Polyethylenglycolstearat /23/		
Polyglyceryl-3 diisostearat /22/		
Polymethacrylat, K-salt /16/		
Polystyrol /16/		
Polyvinylacetat-Copolymer /16/		
Polyvinylalkohol /16/	9002-89-5	
p-Phenylendiamin /9/	106-50-3	4
PRG-100 stearat /22/		
Propanakrylamidakrylat /22/		
Propylen /10/	115-07-1	
Propylenoxid /21/	75-56-9	
PVP/hexadecan copolymer /22/		
PVP/VA copolymer /22/		
Pyrazolin-derivat /16/		
Quar hydroxypropyltrimoniumchlorid /22/		
SCMC /22/		
SD-alkohol 39 C /22/		
Silica, hydrolyseret /22/	10279-57-9	
Sojaprotein, hydrolyseret /22/		
Sojaalkylcarboxylat, K-salt /16/		
Sorbitylfurural /22/		
Squalene /20/	7683-64-9	
Stearalkonium chlorid /27/		
stearat, aluminium salt /22/	57-11-4(*)	
Stearath-30 /23/		
Steareth-20 /22/		
Steareth-21 /22/		
Stearinsyre C12-15 alkylotanoat /22/		
Sterylmercaptan /16/	2885-00-9	
Stilben-derivat /16/	588-59-0	6
Stivelse /16/	9005-25-8	
stivelse, methyl- /16/		
Sulforavsyrediisooctylester, Na-salt /16/		
Svovlsyre /21/	7664-93-9	
TEA dodecylbensensulfonat /39/		
Teacoco hydrolyseret protein /22/		
Tearamidopropyldimehtylamin /43/		
Tetraacetylglucuril /16/		
Tocopherylacetat /20/	7695-91-2	
Trialkanolaminer /9/		
Trideceth-12 /43/	24938-91-8	
Triethylenglycolmonoethylether /16/	112-50-5	
Triethylmelamin /16/		
Trishydroxyethylhexahydrotriazin /16/		
Urea fosfat /16/	4861-19-2	
urea thio- /16/	62-56-6	
VA/krotonatcopolymer /22/		
Vaseline /22/	8009-03-8	
Vinylacetat /22/	108-05-4	

Vinylneodecanoate copolymer /22/	51000-52-3/45115-34-2	
Xanthene (9H)- /10/	92-83-1	6
Xylitol /23/	87-99-0	
Zink gluconat /23/		
Tromethamin /22/	77-86-1	

/1/ ATV (1995), /2/ Bennick et al. (1996), /3/ Damborg og Thygsen (1991), /4/ Damborg (1994), /5/ Toft og Dall (1996), /6/ Madsen og Pedersen (1998), /7/ Madsen og Larsen (1998), /8/ Madsen og Rud (1998), /9/ Miljø- og Energiministeriet (1998), /10/ Molander og Moraes (1998), /11/ Karlström og Svensson (1994), /12/ Karlström og Svensson (1995), /13/ Karlström og Svensson (1995a), /14/ Karlström og Svensson (1995b), /15/ NOVA 2003 (1999), /16/ Roth (1999), /17/ TSNCI (1994), /18/ Forbrugerstyrelsen (1993), /19/ Jensen og Guldagger (1999), /20/ Grøn Information (2000), /21/ Arbejdsmiljøinstituttet (1994), /22/ Funeteg, (1996), /23/ Rastogi et al. (1997), /24/ Bäckström (1987), /25/ SÖFW-Journal (1994), /26/ SÖFW-Journal (1995), /27/ Bukhave (1998a), /28/ Tryland og Haraldstad (1991), /29/ Bukhave (1998b), /30/ Schöberl et al. (1988a og b), /31/ Miljø- og Energiministeriet (1999), /32/ Rent hjem (2000), /33/ Miljøstyrelsen (2001), /34/ Miljø- og Energiministeriet (2000B)

Deklarationer: /35/ Matas øjenmake-up fjerner, uparfumeret. Matas, /36/ Mildeen Shower Dush. Win Cosmetic GmbH, /37/ Kyrell plejeshampoo, Pro Vitamin B5, mild shampoo. E. Kiessling & Cie. GmbH & Co, /38/ Fruitman Natural cremesæbe, Citrus. DAN-SOAP A/S, /39/ Sanex, Nærende shampoo. A/S Blumøller, /40/ El´vital, L´oréal, plegende shampoo, ceramide R. L´oréal, /41/ AJAX, Universal rengøring, Blomsterfestival. Colgate-Palmolive, /42/ Ny OMO color, /43/ El´vital, L´oréal, plegende balsam, multivitamin. L´oréal.

Bilag C: Brev og skemaer anvendt til inventeringen

Brev 1:

BO-90
Tjørnegade 9
2200 København N

Lyngby den xx.xx.xx

Information **Vedr. undersøgelse af gråt spildevand**

Indenfor nærmere tid skal der foretages en undersøgelse af, hvilke stoffer der optræder og hvor store mængder der er tale om i jeres grå spildevand (spildevand fra jeres badeværelser eksl. toilet spildevand) på BO-90. I denne sammenhæng er der behov for jeres samarbejde.

For det første er der et mindre spørgeskema og et aktivitetsskema som bedes besvares. For det andet er det planen, at der skal foretages en måling af, hvor stort forbruget er af de rengørings- og kropsplejerodukter, som du/I anvender og som ender i det grå spildevand. Samtidig skal de stoffer som findes i produkterne noteres. Dette skal gøres to gange indenfor en uge henholdsvis i starten og slutningen.

Du/I skal **ikke** selv foretage målingen eller noteringen, men det vil jeg i stedet tage mig af. Det er derfor nødvendigt at vide, hvilket tidspunkt der passer dig/er bedst. Dette kan du/I skrive på spørgeskemaet under punkt 1.

Du/I bedes besvare spørgeskemaet inden den xx.xx.xx.
Når spørgeskemaet er besvaret kan du/I aflevere det i postkassen hos Niels Juhl Larsen, BO-90.

Hvis du/I har spørgsmål kan jeg kontaktes per telefon på xx xx xx xx eller per email på xxx@xxx.dk.

Med venlig hilsen

Brev 2:

Lyngby den xx.xx.xx

Vedr. undersøgelse af gråt spildevand

Kære beboer i xx.xx

Jeg kommer forbi og noterer og vejer dine rengørings- og kropsplejerrodukter onsdag den xx.xx.xx kl. xx:xx..

Jeg har lavet en liste over, hvilke produkter det kan dreje sig om.

Med venlig hilsen

Rengørings- og kropsplejerrodukter:

Rengøringsmidler som ved brug eller efter brug ender i afløb for håndvask eller gulvafløb i badeværelset:

Grundrengøringsmidler og universalrengøringsmidler
Kalkfjerner
Brunsæbe
Sæbespåner
Afløbsrensemidler
Skurepulver
Hårplejemidler som shampoo og gele til håret
Brusebadssæbe
Håndssæbe
Barberskum
Hårfarve
Crème
Skintonic
Rensecreme eller -sæbe
Tandpasta

Brev 3:

BO-90
Tjørnegade 9
2200 København N

Lyngby den xx.xx.xx

Information

Vedr. undersøgelse af gråt spildevand

Så nærmer tiden sig for registreringen af stoffer i dine/jeres rengørings- og kropsplejerodukter samt vejning af disse. Du/I bedes derfor placerer produkterne i jeres fællesrum den xx.xx.xx. i løbet af morgenen eller formiddagen.

Husk at skrive jeres lejlighedsnummer på skemaerne og lægge dem ved jeres produkter.

Jeg har vedlagt en liste over, hvilke produkter det drejer sig om. Hvis du i mellemtiden er begyndt på f.eks. en ny shampoo eller tandpasta, bedes du lægge den i fællesrummet sammen med de andre produkter.

Da der er var nogle der gav udtryk for, at de gerne ville vide mere om, hvilke produkter, der miljømæssigt og i visse tilfælde sundhedsmæssigt er at foretrække frem for andre, har jeg lagt en mappe med informationer fra Forbrugerstyrelsen og Grøn Information i fællesrummet som tak for hjælpen.

Hvis du/I har spørgsmål kan jeg kontaktes per telefon på xx xx xx xx eller per email på xx@xxx.dk.

Med venlig hilsen

Spørgeskema:

Lejlighednr. _____

1. Tidspunkt mellem kl. 8:00 og 16:00, der passer dig/er bedst for måling og notering af hvilke produkter der kommer i gråt spildevand på BO-90.

Sæt kryds

			8:00-9:00	
11:00-12:00	_____	12:00-13:00	_____	13:00-14:00 _____
14:00-15:00	_____	15:00-16:00	_____	

Der vil efterfølgende blive hængt en plan op ved jeres postkasser med tidsplanen for måling og notering.

2. Hvor mange personer bor i lejligheden i måleperioden fra den 2.-9. august?

Person	Køn (K/M)	Alder
Nr. 1	_____	_____
Nr. 2	_____	_____
Nr. 3	_____	_____
Nr. 4	_____	_____
Nr. 5	_____	_____
Nr. 6	_____	_____

3. Hvor ofte gøres der rent med brug af vand i lejligheden?

3-4 gange om ugen _____
1-2 gange om ugen _____
3-4 gange om måneden _____
1-2 gange om måneden _____

4. Hvor hældes brugt rengøringsvand hen?

Sæt kryds.

I badeværelsets gulvafløb _____ I toiletet _____
I håndvasken i badeværelset _____ Andetsteds _____

På næste side er vedlagt to skemaer, som kan sættes op på badeværelset. Første skema indeholder forskellige aktiviteter som finder sted ved benyttelse af badeværelset. Hvis du/I synes der mangler nogle – så er du/I velkommen til at tilføje dem i det frie felt under ”andet”. Hensigten med skemaet er at du/I i løbet af en uge sætter en streg for hver gang en af aktiviteterne udføres i badeværelset. Det andet skema er til udfyldelse af hvor mange persontimer per dag du/I har opholdt dig/er i lejligheden tilsammen.

Tak for besvarelsen!

Aktivitetsskema:

Lejlighed nr. _____

Start: xx.xx.xx Slut: xx.xx.xx

Aktiviteter:	Udført antal gange (sæt streger):
Tandbørstning	
Vask af hænder uden sæbe	
Vask af hænder med sæbe	
Hårvask i håndvasken	
Brusebad	
Barbering i håndvask/bruseren	
Vask af ansigt	
Brugt rengøringsvand *	
Brugt vand til håndvask af tøj*	
Farvning af hår eller tøj	
Andet:	

*Disse aktiviteter skal kun registres hvis det brugte vand hældes ud i håndvasken eller gulv afløbet – **ikke** hvis det hældes i toilettet!

Persontimer:

Lejlighednr. ____

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer.
Onsdag (fra kl. 8:00)	
Torsdag	
Fredag	
Lørdag	
Søndag	
Mandag	
Tirsdag	
Onsdag (indtil kl. 8:00)	

Registreringsskemaer:
Stoffer i produkterne på BO-90

Lejlighed nr. xx

[illegible]

Lejlighed nr. Xx					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbru g [g]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Bilag D: Måleprogram for trin 1

Måleprogram for karakterisering af gråt spildevand

Anna Ledin, Eva Eriksson, Ann Marie Eilersen og
Mogens Henze
Miljø & Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske
Universitet.

Anders Dalsgaard
Institut for Veterinær Mikrobiologi, Kongelige
Veterinære Landbohøjskole.

maj 2001

1. Formål og baggrund

Formål med dette måleprogram er at komme med et forslag til hvordan man kan gennemføre en kemisk og mikrobiologisk karakterisering af gråt spildevand. En karakterisering, som skal belyse den tidsmæssige variation i sammensætningen af gråt spildevand på døgn- og årsbasis, variationen mellem forskellige beboelser, og mellem forskellige typer af gråt spildevand.

Et kendskab til sammensætningen af gråt spildevand er en forudsætning for at vurdere hvilke anvendelsesmuligheder og behandlingsformer der er bedst egnede for en given vandtype. Et sådant kendskab til sammensætningen er også et nødvendigt grundlag for en vurdering af effektiviteten af en given behandlingsmetode.

Måleprogrammet vil blive gennemført i to trin: 1) En generel karakterisering af det grå spildevand fra samtlige grävandsanlæg, inden vandet behandles i de respektive anlæg. Dette trin vil inkludere en række kemiske parametre og mikrobiologiske "standardparametre" (se nedenfor). I trin 2 skal prøveudtagning ske i såvel indløbet som udløbet fra behandlingsdelen af anlægget. Antallet af måleparametre der vil blive inkluderet i trin 2 vil være reduceret i forhold til trin 1. På baggrund af måleprogrammets trin 1, kan de væsentligste parametre identificeres, dvs. de mest følsomme eller mest beskrivende parametre (parametre som indikatorer for problematiske forureningskomponenter), så et mindre omfangsrigt men mere specifikt måleprogram kan sammensættes i trin 2. Kun trin 1 er behandlet i detaljer i dette notat.

Resultaterne fra det samlede program til karakterisering (trin 1 + trin 2) vil kunne indgå som en del i en vurdering af miljø – og sundhedsrisici ved genbrug eller nedsivning af gråt spildevand.

Dette måleprogram er blevet udviklet som et delprojekt inden for projektet "Undersøgelse af lokal håndtering af gråt spildevand" som blev finansieret af Miljøstyrelsen via "Aktionsplanen til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning under Tema 4: Håndtering af regnvand og gråt spildevand". Idéen er at dette måleprogram skal gennemføres ved en koordinering af de kemiske og mikrobiologiske analyser, der vil blive foretaget i Tema 4 projekterne om gråt spildevand. Det er Miljøstyrelsens ønske, at samtlige projekter skal indgå i måleprogrammet, fremfor at der udpeges nogle "repræsentative" anlæg. En koordinering af projekterne vil sikre, at de mest relevante parametre bliver inkluderet, og at samtlige genererede analyseresultater fra alle projekter bliver håndteret på en sådan måde, at de kan sammenstilles og sammenlignes.

Måleprogrammets Trin 1 blev i maj 2000 godkendt af Miljøstyrelsen og Sundhedsstyrelsen. I august 2000 er måleprogrammets Trin 1 blevet gennemført på BO-90 anlægget på Nørrebro, København. Der er videre planlagt, som beskrevet i Trin 1, for projektet udført af firmaet TransForm. De andre oprindeligt udvalgte projekter er af forskellige årsager ikke blevet igangsat og der er derfor således ikke udført analyser ved disse projekter.

I forhold til tidligere versioner af måleprogrammet er denne version blevet suppleret med nogle parametre. Desuden er detaljeret information vedrørende specifikke Tema 4 projekter om gråt spildevand og analyseomkostninger fjernet.

2. Valg af analyseparametre

Blandt de udvalgte analyseparametre er inkluderet de traditionelle spildevandsparametre, der måler organiske iltforbrugende forbindelser (BOD og COD) og næringsstoffer (N, P og K), miljøfremmede stoffer (tungmetaller og organiske forureningskomponenter), samt en række mikrobiologiske parametre.

Analyserne foretages i 2 trin. Trin 1's analysepakke, 1a og 1b (a=kemiske og b=mikrobiologiske parametre), er fælles for alle projekter, mens Trin 2's analysepakke 2a og 2b vil blive designet individuelt for hvert anlæg baseret på resultaterne af Trin 1's måleprogram samt påtænkt behandling af det grå spildevand, samt form for anvendelse.

2.1. Traditionelle spildevandsparametre m.m.

De traditionelle spildevandsparametre, iltforbrugende organiske forbindelser og næringsstoffer, er blevet inkluderet, fordi de giver information om risici for iltsvind og dermed information om risici for f.eks. sulfiddannelse og/eller jernudfældning ved genbrug af vandet til f.eks. toiletskyl eller ved recirkulering i et vaskeri.

Derudover er målinger af sulfat- og sulfidindholdet inkluderet, for at kunne evaluere risici for lugtgener. Kvantificering af indholdet af suspenderet materiale, samt måling af turbiditet er også inkluderet, ligesom måling af pH og temperatur ved prøveudtagning. Disse data vil ligge til grund for vurdering af risici for driftsproblemer i anlægget, herunder af tilstopning af filtre.

For detaljer omkring hvilke stoffer der vil blive inkluderet i Analysepakke, 1a, henvises til Tabel 1.

2.2. Miljøfremmede stoffer

Et litteraturstudium (Eriksson m fl, 2002A) viser, at der udover tungmetaller er ca. 900 forskellige organiske forbindelser eller grupper af forbindelser, der potentielt kan forekomme i det grå spildevand. Disse stoffer indgår i forskellige typer af rengørings-, vaske- og opvaskemidler samt i hygiejneprodukter, der bruges i husholdninger. Det er ikke muligt at måle for alle disse 900 stoffer/stofgrupper, og der er derfor foretaget et udvalg af de mest relevante.

Udvalgskriterierne for dette arbejde har været:

1. Forbindelser, der indgår på Miljøstyrelsens liste over prioriterede stoffer (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1 1998. Listen over uønskede stoffer).
2. Miljøfarlige organiske forbindelser der er blevet identificeret som prioriterede stoffer i litteraturstudiet (se Eriksson, m fl 2002A).
3. Miljøfarlige stoffer, der kan dannes ved behandling i anlæggene. Disse analyser vil kun indgå i trin 2 af måleprogrammet.

Tabel 1. Analysepakke 1a; kemiske analyse parametre.

Stofgruppe	Inkluderede forbindelser	Begrundelse nr.
PH		Se tekst
Temperatur		Se tekst
Turbiditet		Se tekst
BOD		Se tekst
COD		Se tekst
NVOC		Som supplement til COD
NH ₄ ⁺ -N		Se tekst
NO ₃ ⁻ -N		Se tekst
N-tot		Se tekst
P-tot		Se tekst
Sulfat		Se tekst
Sulfid		Se tekst
Klorid		Se tekst
Suspenderet stof		Se tekst
Metaller	Cd, Hg, Pb, Ni, Cr, Cu, Zn, Ca, Mg, Al, Co, Mn, Mo, Sb, Sn, V, As, Ba, Fe,	2
Klorerede aliphater	Diklormethan, 1,1-diklorethan, 1,2-diklorethan, cis/trans-diklorethylen, 1,2-diklorpropan, triklormethan, tetraklormethan, 1,1,1-triklorethan, 1,1,2-triklorethan, triklorethylen, tetraklorethylen,	1
Klorerede ether	di(2-chlorisopropyl)ether	
Phthalater	Dimethylphthalat, diethylphthalat, di-n-propylphthalat, di-n-butylphthalat, di-idobutylphthalat, dipentylphthalat, di-(2-ethylhexyl)phthalat, butylbensylphthalat, di-cyclohexylphthalat	1
LAS	Sum af C ₁₀ -C ₁₄ -LAS.	1
Anioniske detergenter	Sum parameter	
Kationiske detergenter	Sum parameter	2
NPE'er	Nonylphenol, mono-, di-, tri-, tetra- og penta-nonylphenoletoxylaterne	1
Oktylphenoletoxylater	Oktylphenol, mono-, di-, tri-, tetra- og penta-oktylphenoletoxylaterne	1
Phenoler	Phenol, o-, m- og p- kresol	1
Klorphenoler	17 forskellige inklusiv 2,4-diklorphenol, 2,4,5- og 2,4,6-triklorphenol	2
AOX	Kun trin 2 af måleprogrammet	3

De miljøfremmede stoffer/stofgrupper, der bør indgå i analyseprogrammets Trin 1, er vist i Tabel 1, ligesom begrundelse er givet for deres medtagelse i måleprogrammet.

2.3. Mikrobiologiske parametre

Ved udvælgelse af mikrobiologiske parametre er det vurderet, at det især er de mikrobielle populationer af fækal oprindelse som i gråt spildevand eventuelt kan udgøre hygiejniske og sundhedsmæssige risici. Disse mikroorganismer kan bla. tilføres det grå spildevand ved håndvask efter toiletbesøg, afvaskning under badning, afvaskning af babyer og små børn ved bleskift eller ved direkte urinering i badet. Ved en vurdering og udvælgelse af parametrene vil der være et behov for at inddrage analyser af de enkelte organismers overlevelse og eventuelle opformering i rørsystem og opbevaringstanke herunder i biofilm. Sådanne undersøgelser er kun i begrænset omfang medtaget i dette måleprogram, herunder analyser af eventuel mikrobiel opformering i opbevaringstank for behandlet gråt spildevand (trin 2).

Analyser for mikrobiologiske parametre er opdelt i 2 programpakker: A) standardprogrammet (trin 1), der har til hensigt at beskrive gråt spildevand generelt, og B) specialparametre i trin 2, hvor undersøgelserne for disse har til hensigt at evaluere effektiviteten af en given spildevandsbehandling, fx biologisk rensning eller desinfektion. Specialparametre vil også undersøges i særlige situationer, hvor en given bebyggelse rummer særligt følsomme beboere, herunder ældre eller immunsvækkede patienter (eks. HIV-positive og hjertetransplanterede). Forekomst af specialparametre vil også skulle fastlægges i andre tilfælde omfattende bebyggelser eller offentlige bygninger (f. eks. lufthavne) med særlige smitekilder, som f.eks. flygtninge og indvandrere, der ofte rejser til deres hjemland i længere perioder, eller i det hele taget personer, der rejser meget til områder i udlandet med særlige sygdomme (østlande, U-lande).

De mikrobiologiske parametre, der indgår i standardprogrammet, er først og fremmest udvalgt under hensyntagen til traditionelle spildevandsparametre, dvs. total coliforme, *E. coli*, Enterokokker samt kimtal v. 37°C. og kimtal 21⁰ C. Endvidere foretages målinger for *Salmonella* og *Campylobacter* spp. samt de vandrelaterede patogener: *Pseudomonas aeruginosa* og *Aeromonas hydrophila*. Med hensyn til protozoer, er der generelt et ringe kendskab til forekomsten af disse hos mennesker og især i miljøprøver i Danmark. Det bør dog nøje overvejes om måling af protozoer skal inkluderes i trin 2, da protozoer forventes at optræde i yderst lave antal.

Det skal fremhæves, at måleprogrammet ikke omfatter vira. En række vandbårne sygdomme, herunder en række maveinfektioner, kan skyldes vira af f.eks. Norwalk typen, der ofte overføres med fækal forurenet vand. Det er uvist, i hvilket omfang mavetarminfektioner med enterovirus er vandbårne i Danmark. Da der vil forekomme *E. coli* i gråt spildevand, er det af ringe værdi at undersøges for colifager, selv om de ofte benyttes som indikatorer for virus. Colifager vil således blot afspejle forekomsten af *E. coli* og vil muligvis endda blive opformeret i forbindelse med håndtering af gråt spildevand. Endvidere

eksisterer der ikke egnede standardiserede metoder til undersøgelse for virus i gråt spildevand.

Tabel 2. Analysepakke 1b; mikrobiologiske parametre svarende til trin 1.

Parameter	Målemetode
Registrering, fortynding mv. <i>E. coli</i>	Ifølge gældende standarder ISO/DIS 9308/1 10/100 ml
Enterokokker (fækale streptokokker)	ISO/DIS7899-2 (membranfiltrering) 10/100
Kimtal ved 37°C, blodagar, incl. antal hæmolytiske bakterier, men ikke identifikation	DS 2217/1 10/100 ml
Kimtal ved 22°C, <i>Total koliforme bakterier</i>	DS /EN 622/1 ISO/DIS 9308/1 10/100 ml
<i>Salmonella spp. (10 ml)</i>	DS 266-1;ret 1 Trin 1 Trin 2-3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	DS 268/1 10/100 ml Trin 1 Trin 2
<i>Campylobacter (10 ml)</i>	NMKL 119/1
<i>Aeromonas hydrophila (10 ml)</i>	NMKL 150-2
Koagulase-positive stafylokokker	NMKL 66-3
<i>Legionella</i>	DS/F 39737, år 2000.

I trin 2 vil der blive analyseret for *Clostridium perfringens*, som er sporedanner og derfor udviser betydelig større resistens overfor miljøpåvirkninger end de fleste andre mikroorganismer. Sporerne fra *C. perfringens* vil således kunne bruges som en indikator på kumulativ fækal forurening. *C. perfringens* vil desuden kunne benyttes som en konservativ indikator for effektiviteten af forskellige desinfektions- og behandlingsmetoder. I denne sammenhæng skal det nævnes, at protozoerne *Giardia* og især *Cryptosporidium* udviser stor modstandsdygtighed over for kemiske desinfektioner, herunder f.eks. klorering.

I trin 2 af måleprogrammet kan det som tidligere omtalt yderligere overvejes om specielle parametre skal inkluderes, f.eks. i de tilfælde, hvor der i den undersøgte bebyggelse bør tages særlige hensyn enten pga. svage patienter eller pga. øget risiko for specifikke sygdomme. Særlige programmer kan sammensættes med henblik på at undersøge disse forhold. Det kan således komme på tale at undersøge for parasitter: ormeæg (rundorm, børneorm) eller særlige virus som fx. *Hepatitis* (leverbetændelse). *Legionella* er en relevant parameter der generelt bør undersøges for, herunder når gråvandet anvendes på en måde, hvor der kan dannes aerosoler.

I de tilfælde hvor en given behandlingsmetode skal evalueres, kan bakteriofager eventuelt benyttes som model for vira. Et sådant valg er afhængig af at der foreligger en af Miljøstyrelsen godkendt metode.

Med hensyn til andre tarmbakterier end *Salmonella*, *Campylobacter* spp. og *E. coli*, f. eks. *Shigella* eller *Yersinia* forventes det, at disse smitstoffer viser samme overlevelse som de først nævnte parametre. Selv om der i Danmark er påvist

77 tilfælde af tyfus (*Salmonella typhi*) og 54 tilfælde af paratyfus (*Salmonella paratyphi*) fra 1995-1998, er kun et fåtal af disse erhvervet i Danmark, hvilket næppe umiddelbart berettiger til at inkludere disse parametre i et måleprogram. Størstedelen af tilfældene er indvandrere, der har været på besøg i deres hjemlande eller været på turistrejse.

Tabel 3. Forslag til mikrobiologiske parametre i trin 2, der sammen med udvalgte parametre i Tabel 2 kan indgå i analysepakke 2b.

Parameter	
Indikatorbakterier	<i>Clostridium perfringens</i>
Parasitter	Ormeæg (rundorm, børneorm) Protozoer Giardia og Cryptosporidium
Virus	Hepatitis (leverbetændelse) Enterovirus (Norwalk, Adenovirus)
Særlige bakterier	Udvælges på baggrund af undersøgelserne foretaget i trin 1, og ud fra hvad gråvandet skal bruges til

Det forventes at følgende parametre fra trin 1 (tabel 2) vil indgå som vigtige analyseparametre i trin 2: *Legionella* spp., koagulase-positive stafylokokker; enterokokker; og kimtal ved 22°C og 37°C. Disse og eventuel andre parametre (Tabel 2) forventes at skulle analyseres i en række forskellige spildevandstyper i trin 2, herunder prøver af ubehandlet gråspildevand, behandlet spildevand (eksempelvis efter biologisk filtrering), fra opbevaringstank af behandlet spildevand, samt efter desinfektion (eksempelvis klorinering og UV behandling).

3. Forslag til analyseprogram

For at få mere viden om den kemiske og mikrobiologiske sammensætning af forskellige typer af gråt spildevand foreslås det, at der foretages en indledende undersøgelse for samtlige parametre i Tabel 1 og 2 (Analysepakke 1a og 1b). Målingerne udføres som analyser af prøver af ubehandlet spildevand udtaget fra indløbet til behandlingsanlægget. Antallet af prøver der skal analyseres i de enkelte projekter vil variere og der bør om muligt udtages blandingsprøver opsamlet over en længere tidsperiode ("flow proportional" prøver). Det skønnes, at der med analyserne af ubehandlede spildevandsprøver i Trin 1 vil opnås en bred viden om de kemiske og mikrobiologiske sammensætninger af forskellige typer af gråt spildevand. Trin 2 af måleprogrammet vil derefter primært skulle fastlægge effektiviteten af behandlingen i de forskellige behandlingsanlæg.

Efter vurdering af resultaterne fra måleprogrammets Trin 1 vil der blive foreslået nye individuelle analysepakker (2a og 2b) baseret på den planlagte spildevandsbehandling, opbevaringsteknologi af behandlet spildevand, samt anvendelse i de forskellige projekter.

4. Prøveudtagning og valg af analysemetode

Prøveudtagning skal ske i flasker der tilvejebringes fra analyselaboratoriet og eventuel konservering skal ske efter deres instruktioner ifølge gældende standarder. Ved prøveudtagningen skal der måles pH, temperatur, ledningsevne, koncentration af ilt og sulfid.

For de fysiske og kemiske analyserne vælges den analysemetode som laboratoriet har akkreditering for.

5. Referenser

Eriksson, E., Auffarth, K. Henze, M. og Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. Urban Water 4 (1): 85-104.

Bilag E: Måleprogram for trin 2

Forslag til måleprogram for
karakterisering af gråt spildevand i
relevante Tema 4 projekter.

Gennemførsel af Trin 2 på BO-90

Anna Ledin, Eva Eriksson, Ann Marie Eilersen og
Mogens Henze
Miljø & Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske
Universitet.

Anders Dalsgaard
Institut for Veterinær Mikrobiologi, Kongelige
Veterinære Landbohøjskole.

Oktober 2001

1. Formål og baggrund

Det overordnede formål med et specifikt måleprogram for gråt spildevand er at gennemføre en grundig fysisk, kemisk og mikrobiologisk karakterisering. Karakteriseringen skal afdække, hvad gråt spildevand består af, samt belyse den tidsmæssige variation i sammensætningen af gråt spildevand på døgn- og årsbasis, variationen mellem forskellige beboelser, og mellem forskellige typer af gråt spildevand.

Et solidt kendskab til sammensætningen af gråt spildevand er en forudsætning for at vurdere hvilke anvendelsesmuligheder og behandlingsformer, der er bedst egnede for en given vandtype. Et sådant kendskab til sammensætningen er også et nødvendigt grundlag for en vurdering af effektiviteten af en given behandlingsmetode.

Måleprogrammet udføres i to trin. Første trin er en bred screening af ubehandlet gråt spildevand, mens andet trin udarbejdes specifikt for de respektive typer gråvand og behandlingsanlæg. Trin 1 er beskrevet i "Måleprogram for karakterisering af gråt spildevand i relevante Tema 4 projekter" udarbejdet af Ledin, Eriksson, Eilersen, Henze og Dalsgaard (2001). Denne første undersøgelse er anvendt til at identificere, hvilke parametre det er relevant at måle for i Trin 2.

I dette notat præsenteres og diskuteres måleresultaterne fra gennemførelse af Trin 1 ved BO-90 projektet. Endvidere præsenteres et forslag til måleprogram for trin 2 ved BO-90. På baggrund af måleprogrammets trin 1, er de væsentligste parametre blevet identificeret, dvs. de mest beskrivende parametre (parametre som indikatorer for problematiske forureningskomponenter), så et mindre omfangsrigt men mere specifikt måleprogram kan gennemføres for at vurdere om anlægget lever op til de krav, som vil blive stillet, for at det rensede vand kan bruges til toiletskylning.

2. Valg af analyseparametre

Analyseparametre til Trin 1 omfatter de traditionelle spildevandsparametre, der måler organiske, iltforbrugende forbindelser (BOD og COD) og næringsstoffer (N, P og K), miljøfremmede stoffer (tungmetaller og organiske forureningskomponenter), samt mikrobiologiske parametre. Begrundelse for valget af de pågældende parametre fremgår af "Måleprogram for karakterisering af gråt spildevand i relevante Tema 4 projekter" udarbejdet af Ledin, Eriksson, Eilersen, Henze og Dalsgaard (2001), der findes på Miljøstyrelsens hjemmeside. Valget af parametre til Trin 2 er foretaget ud fra de opnåede resultater i Trin 1, samt en vurdering af hvilke parametre der findes bedst egnede som indikatorparametre.

3. Resultat fra Trin 1

3.1. Prøveudtagning og analyser

Prøver til undersøgelse for fysiske og kemiske parametre, inklusiv tungmetaller og miljøfremmede stoffer, blev udtaget af personale fra Miljø & Ressourcer DTU (M&R), dagligt, dvs. fem gange pr. uge i løbet af fem uger i juli/august 2000, i alt 25 prøver. Analyserne for parametrene: suspenderet stof, turbiditet,

temperatur, pH, ledningsevne, BOD samt koncentration af ilt og sulfid (tabel 1), blev foretaget enten på lokaliteten eller på prøveindsamlingsdagen i M&R's laboratorium. Blandingsprøve af gråt spildevand, som blev opsamlet i løbet af en uge, blev sendt til laboratoriet SGAB-Analytica, Sverige, for analyse af metaller og miljøfremmede stoffer, samt enkelte traditionelle spildevandsparametre (kemiske parametre 2 i tabel 1).

Prøver til analyse for mikrobiologiske parametre blev udtaget og analyseret af miljølaboratoriet ROVESTA Miljø I/S i Næstved. Prøveudtagningen foregik ugentligt i fire uger i august 2000 med i alt fire prøver.

3.2. Traditionelle spildevandsparametre m.m.

Målingerne af de fysiske parametre - temperatur, turbiditet og suspenderet stof - viste, at det grå spildevand fra BO-90 har et indhold af stoffer og parameterverdier, som ligger inden for de intervaller, som typisk er fundet i gråt spildevand fra badeværelser i litteraturen (Tabel 1). Det skal bemærkes, at den maksimale værdi for suspenderet stof (207 mg/l) overstiger de værdier, som tidligere er blevet fundet i litteraturen (Tabel 1).

Tilsvarende er det for de kemiske parametre observeret, at pH, ledningsevne, BOD samt koncentrationerne af total-N ligger inden for de intervaller, som er beskrevet i litteraturen (Tabel 1). Sulfatkoncentrationen ligger lidt højere, end hvad der tidligere er blevet fundet, men den svarer godt til det niveau af sulfat, som findes i vandforsyningsvand i København (Tabel 1). Kilden til sulfat er således ikke aktiviteter på BO-90, men snarere det naturlige indhold af sulfat i vandforsyningsvand. Indholdet af COD er lavere end litteraturværdierne. Det samme gælder for ammonium, nitrat og total-P.

Koncentrationen af ilt er højere end litteraturværdien for gråt spildevand, men lavere end gennemsnitskoncentrationen for ilt i postevand. Dette indikerer, at ilt forbruges i systemet, men ud fra disse data kan det ikke konkluderes, om dette sker i vandforsyningssystemet eller i afløbssystemet. Det skal dog noteres, at sulfid er blevet påvist ved 21 af de totale 25 prøveudtagninger, hvilket indikerer, at "lokalt" iltvind forekommer i afløbssystemet (f.eks. i vandlås). Dårlig lugt, der skyldes dannelse af svovlbrinte i anlægget, er også i flere tilfælde blevet noteret i kælderen på BO-90.

Parametrene - BOD og suspenderet stof - blev målt dels på M&R den samme dag, som prøveudtagningen foregik og dels på den samlingsprøve, som blev sendt til SGAB-Analytica. Man kan heraf notere, at såvel middelværdien som minimum- og maksimumsværdierne for BOD er lavere i de målinger, som er blevet foretaget senere til trods for, at prøverne er blevet konserveret på den af laboratoriet foreskrevne måde. Dette indikerer, at det er væsentligt at analysere for BOD inden for et bestemt antal timer for at undgå underestimering af indholdet af BOD. Gennemsnitsmængden af suspenderet stof er omvendt højere i samlingsprøverne end i de individuelle prøver, mens intervallet for de fundne minimums- og maksimumsværdier er mindre, hvilket med stor sandsynlighed indikerer, at variationen i koncentrationen af suspenderet stof som funktion af tiden ikke bliver illustreret, når man laver samlingsprøver. Dette vil også være tilfældet for alle de andre analyseparametre og er noget, som man bliver nødt til at tage højde for, når man designer Trin 2 i måleprogrammet (se nedenfor).

Koncentrationen af grundstofferne; Na, K, Ca, Mg, Ba, Sr, Al, Fe, Si er enten inden for det interval, som er blevet præsenteret i litteraturen (Ba, Al, Fe; Tabel 1), eller kan sidestilles med den naturlige baggrundskoncentration, som man finder i postevand i København (Ca, Mg, Sr, Si). En undtagelse fra dette er Na og K, hvor de målte koncentrationer er højere end de koncentrationer, der er observeret i postevand, hvilket indikerer at Na og K tilføres gennem husholdningskemikalier og brug af vandet.

3.3. Miljøfremmede stoffer

Litteraturstudiet, der er blevet gennemført inden for Tema 4 projektet: "Undersøgelse af lokal håndtering af gråt spildevand", viste, at der udover tungmetaller kan forekomme ca. 900 forskellige organiske forbindelser eller grupper af forbindelser i det grå spildevand. Disse stoffer indgår i forskellige typer af rengørings-, vaske- og opvaskemidler, samt i hygiejneprodukter, der alle bruges i husholdninger. Da det ikke er muligt at måle for alle disse 900 stoffer/stofgrupper, er der i Trin 1, foruden analyser for 13 tungmetaller, foretaget analyser for 62 af de mest relevante organiske stoffer eller stofgrupper.

De målte koncentrationer af tungmetaller ligger generelt på det samme niveau eller lavere end de data, der er fundet i litteraturen (Tabel 1). Nogle af tungmetallerne forekommer dog i koncentrationer over niveauet i postevand, f. eks. Ni (ca. 5 gange forhøjet koncentration); Cd, Cr; Zn (ca. 10); Pb (ca. 20); Cu (ca. 50). Disse tungmetaller må således være blevet tilført i ledningsnettet (vandforsyningen), via andre VVS installationer, eller de er blevet tilført via forskellige produkter under brug af vandet i badeværelserne.

Ud af de 62 forskellige organiske stoffer eller stofgrupper udvalgt for analyse blev 11 stoffer fundet og kvantificeret (Tabel 1). Blandt de fundne stoffer er organiske opløsningsmidler (trichlor- og tetrachlormethan), konserveringsmidler (2,4+2,5-dichlorphenol og 2,4,6-trichlorphenol), blødgørere (fire phthalater) og detergenter (LAS og sumparameteren kationiske detergenter). Der er ikke tidligere blevet målt for disse typer af organiske miljøfremmede stoffer i gråt spildevand hvorfor det ikke er muligt at foretage sammenligninger med andre karakteristisk studier af gråt spildevand.

3.4. Mikrobiologiske parametre

Resultaterne af de mikrobiologiske undersøgelser af ubehandlet gråt spildevand er vist i tabel 1. I alt blev 4 enkeltprøver, udtaget i august måned, analyseret. Der blev fundet store variationer i de foretagne analyser for de enkelte parametre, der fremgår af tabel 1. Antallet af indikatorbakterien *E. coli* varierede fra 200-2.800 per 100 ml, mens antallet af enterokokker varierede fra 100-7.000 per 100 ml. Kimtalsbestemmelser mellem 100.000-1.000.000 per 100 ml blev påvist med et noget lavere antal kim efter inkubation ved 37°C. *Aeromonas* og *Pseudomonas aeruginosa* blev begge påvist i varierende antal mellem 10-9.000 per 100 ml.

Litteraturen vedrørende den mikrobiologiske sammensætning, herunder forekomst af smitstoffer, er yderst sparsom. De fundne resultater af kimtalsbestemmelserne og fækale indikatorbakterier viste, at begge disse bakteriegrupper kan forventes at forekomme i forskellige typer af gråt spildevand. *Salmonella* og *Campylobacter* spp. blev ikke påvist, hvilket kan skyldes at ingen af BO-90's beboere eller deres besøgende udskilte disse

smitstoffer i undersøgelsesperioden eller at eventuelle smitstoffer i spildevandet er døde grundet deres ringe overlevelsessevne ekstra-intestinalt. Dog må det forventes at man med yderligere analyser i enkelte prøver fra BO-90 eller andre grävandsprojekter, kan påvise egentlige bakterielle smitstoffer, eg. *Salmonella*, *Campylobacter* og parasitære smitstoffer.

Tabel 1 Måleresultater fra trin 1

	Middelværdi	Minimum-maksimum	Litteratur interval for badeværelser/1/	Postevand /2/
Fysiske parametre:	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Suspenderet stof	54	7-207	48-120	-
M&R				
Temperatur i °C	24,1	21,6-28,2	18-38	14,5
Turbiditet, NTU	40	5-95	20-370	0,17
Kemiske parametre 1:				
BOD ₅	95	36-286	76-200	-
BOD ₇	55,6	26-130		
Electrisk ledningsevne (25 °C µS/cm)	869	757-1809	82-20000	622
Opløst ilt	5,8	3,6-8,2	0,4-4,6	9,9
pH	7,93	7,56-8,57	5-8,1	7,58
Sulfid	0,26	0,02-2,50	-	<?
Kemiske parametre 2:				
Ammonium (NH ₃ -N)	0,2	0,02-0,42	<0,1-25	<?
BOD	56	26-130	76-200	-
COD	143	77-240	280-8000	6,04
Nitrat (NO ₃ -N)	0,15	0,03-0,26	0-4,9	2,46
Sulfat	69	64-78	12-40	68
Suspenderet stof	96	74-140	48-120	-
SGAB				
Tot-N	4,9	3,6-6,4	0,6-7,3	-
Tot-P	0,5	0,28-0,78	0,11-2,2	0,01
	Middelværdi	Minimum-maksimum	Litteratur interval	Postevand
Grundelementer:	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Aluminium (Al)	0,522	0,205-0,925	<1,0-1,0	0,0015
Barium (Ba)	0,037	0,034-0,043	0,032	0,030
Calcium (Ca)	98,64	95,9-99,6	3,5-21	102,20
Jern (Fe)	0,117	0,079-0,341	0,34-1,40	0,01
Magnesium (Mg)	21,86	20,8-23	1,4-6,6	20,00
Kalium (K)	6,52	5,86-7,39	1,5-6,6	4,06
Silicium (Si)	9,32	8,72-10,6	3,2-4,1	-
Natrium (Na)	61,86	44,7-98,5	7,4-21	40,40
Strontium (Sr)	2,15	1,94-2,29	-	2,00
Tungmetaller:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Arsenic (As)	<3,46	-	<38	0,35
Cadmium (Cd)	0,217	0,056-0,66	<10	0,02
Chrom (Cr)	12,5	0,7-47,6	36	1,10
Cobalt (Co)	0,086	0,040-0,183	<12	1,00

Kobber (Cu)	43,4	18,6-84,3	60-120	0,88
Bly (Pb)	3,44	1,11-6,92	<63	0,15
Mangan (Mn)	11,29	8,81-14,5	61	<?
Kviksølv (Hg)	0,0756	0,006-0,251	<0,3	0,20
Nikkel (Ni)	6,17	3,86-10,2	<25	1,56
Zink (Zn)	449	203-761	10-6300	45
Molybdenum (Mo)	0,89	0,46-1,24	-	-
Antimon (Sb)	0,0899	-	-	0,03
Tin (Sn)	0,15	-	-	-
Vanadium (V)	0,0636	-	-	-
Miljøfremmede stoffer	Middelværdi	Minimum-maksimum	Litteratur interval	Postevand
Klorede alifater:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Diklormethan	< 1,0	-	-	-
1,1-diklorethan	< 0,5	-	-	-
1,2-diklorethan	< 0,5	-	-	-
T-1,2-diklorethylen	< 0,5	-	-	-
C-1,2-diklorethylen	< 0,5	-	-	-
1,2-diklorpropan	< 0,5	-	-	-
Triklormethan	-	< 0,1-250	-	0,1-9,9
Tetraklormethan	-	< 0,1-1	-	<0,01-0,1
1,1,1-triklorethan	< 0,1	-	-	<0,02-0,1
1,1,2-triklorethan	< 0,1	-	-	-
Triklorethen	< 0,1	-	-	<0,04-0,35
Tetraklorethen	< 0,1	-	-	<0,01-0,33
Klorphenoler:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
2-monoklorphenol	< 0,5	-	-	-
3-monoklorphenol	< 0,5	-	-	-
4-monoklorphenol	< 0,5	-	-	-
2,6-diklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,4+2,5-diklorphenol	0,1	0,06-0,13	-	-
2,3-diklorphenol	< 0,02	-	-	-
3,4-diklorphenol	< 0,02	-	-	-
3,5-diklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,4,6-triklorphenol	-	< 0,02-0,1	-	-
2,3,6-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,3,5-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,4,5-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,3,4-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
3,4,5-triklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,3,4,6-tetraklorphenol	< 0,02	-	-	-
2,3,4,5-tetraklorphenol	< 0,02	-	-	-
Pentaklorphenol	-	< 0,02-0,04	-	-
Sum klorphenoler	0,13	0,08-0,24	-	-
Phenol, Cresol og Alkylphenoler:	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Phenol	< 1	-	-	-

o-cresol	< 1	-	-	-
m-+p-cresol	< 1	-	-	-
2,3-dimethylphenol	< 1	-	-	-
2,4-dimethylphenol	< 1	-	-	-
2,5-dimethylphenol	< 1	-	-	-
2,6-dimethylphenol	< 1	-	-	-
3,4-dimethylphenol	< 1	-	-	-
3,5-dimethylphenol	< 1	-	-	-
2,3,5-trimethylphenol	< 1	-	-	-
2,4,6-trimethylphenol	< 5	-	-	-
2-ethylphenol	< 1	-	-	-
3-ethylphenol	< 1	-	-	-
4-ethylphenol	< 1	-	-	-
2-isopropylphenol	< 3	-	-	-
2-n-propylphenol	< 1	-	-	-
3-t-butylphenol	< 1	-	-	-
Nonylphenol - og Oktylphenol-etoxylater:				
		i µg/L	i µg/L	i µg/L
Nonyl-phenol	< 0,5	-	-	-
Nonyl-phenol-etoxylater	< 5	-	-	-
Oktyl-phenol	<0,25	-	-	-
Oktyl-phenol-etoxylater	<3	-	-	-
Diklordi-isopropyl-ether	< 1	-	-	-
Phthalater:				
	i µg/L	i µg/L	i µg/L	i µg/L
Dimethyl-phthalat	< 1	-	-	-
Diethyl-phthalat	6,25	<1-13	-	-
Di-n-propyl-phthalat	< 1	-	-	-
Di-n-butyl-phthalat	< 1	-	-	-
Di-isobutyl-phthalat	2	<1-3	-	-
Dipentyl-phthalat	-	<1-1,4	-	-
Di-(2-ethylhexyl)phthalat	29	11-39	-	-
Butylbenzyl-phthalat	< 1	-	-	-
Di-cyclohexyl-phthalat	< 1	-	-	-
Detergenter:				
	i mg/L	i mg/L	i mg/L	i mg/L
LAS	0,163	0,025-0,45	-	-
Kationiske detergenter	1,25	0,4-2,1	-	-
Parametre	Middelværdi antal/100 ml	Minimum- maksimum antal/100 ml	Litteratur interval antal/100 ml	Postevand antal/100 ml
Kimtal v. 220C	546667	140000-1100000	-	1,6
Kimtal v. 370C	292750	91000-540000	-	56,6

Aeromonas	2532,5	40-5100	-	-
Coliforme	95800	1100-320000	-	1
E.coli	1500	200-2800	32000000	-
Enterococcer	3100	1000-7000	-	-
Campylobact.eje./coli	-		-	-
Clostridium perfringens	9	3-15	-	-
Pseudomonas aeruginosa	2267	10-8700	i.d	-
Salmonella bakt.	-		i.d	-
Hæmolytiske bakterier (Bac.cereus)	1700		-	-

i.d ikke identificeret
/1/ Eriksson et al., 2002.
/2/ Københavns Vand, 2000

4. Forslag til analyseprogram for Trin 2 på BO-90

4.1 Fysiske og kemiske parameterkrav

Myndighedernes krav vedrørende vandkvaliteten for det vand som anvendes i husholdningen er, at det skal være af drikkevandskvalitet. Dette betyder for de mikrobiologiske parametre at der må maksimalt være 200 km/ml dyrket ved 22°C og 20 km/ml efter dyrkning ved 37°C, hvorimod der ikke må kunne påvises coliforme bakterier.

Miljøstyrelsen har dog indikeret, at disse krav vil blive taget op til overvejelse for anvendelse af gråt spildevand til toiletskyl under forudsætning af, at anvendelsen af gråt spildevand til toiletskyl ikke udgør nogen sundhedsmæssige risici. Der er i nedenstående forslag til måleprogram også lagt vægt på andre kriterier der ligger til grund for valget af parametre for karakterisering af vandkvaliteten. Disse kriterier er den påtænkte anvendelse samt parameter der beskriver effektiviteten af resningen.

En generel karakterisering med følgende parametre - suspenderet stof, turbiditet, temperatur, pH, ledningsevne, BOD, COD samt koncentration af ilt og sulfid, bør indgå som basisparametre i måleprogrammet. Disse standardmålinger giver vigtig information om kvaliteten af det grå spildevand, herunder iltforbrug og sulfiddannelse, samt forhold der har betydning for forekomst og overlevelse af mikroorganismer i biofiltrene.

Det foreslås videre, at NVOC inkluderes som et alternativ til COD, for at give information om hvorvidt målingerne af COD på længere sigt kan udskiftes med de mindre miljøbelastende NVOC målinger. Sidstnævnte er et specifikt ønske fra Miljøstyrelsen.

Det bedømmes, at et eventuelt indhold af tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer i det grå spildevand, der genbruges på BO-90 kun vil udgøre ubetydelige sundhedsrisici, når vandet bruges til toiletskyl. Argumentet for dette er, at koncentrationerne af tungmetallerne er under kravværdierne for drikkevand, og at de fundne organiske miljøfremmede stoffer findes i husholdningskemikalier, der er tilladt til udvortes brug som bestanddele af produkter til personlig hygiejne.

Problemer kan dog opstå, hvis organiske miljøfremmede stoffer tilledes i en koncentration eller kombination, der er så toksisk, at den biologiske aktivitet i biofiltrene ødelægges, hvorved der ikke sker nogen behandling/rensning af det gråt spildevand. For at undersøge om dette kan være tilfældet, foreslås det, at to metoder til at måle biologisk aktivitet i sådanne biofiltre inkluderes i måleprogrammet; inhiberingstest for nitrifikation og OUR respirationstest.

Tabel 2a giver en oversigt over samtlige parametre, der foreslås at indgå som fysisk-kemiske parametre i måleprogrammet.

Tabel 2a. Analysepakke 2a; fysiske og kemiske analyseparametre.

Stofgruppe

Fysiske parametre

Suspenderet stof
Temperatur
Turbiditet

Kemiske parametre

BOD
COD
Ilt
Ledningsevne
NVOC
pH
Sulfid

Biologisk aktivitet

Hæmningstest nitrifikation
OUR respirationstest

4.2 Mikrobiologiske parametre

Eventuelle sundhedsrisici for brugere af toiletter som anvender gråt spildevand til toiletskyl er primært associeret med luftbårne (aerosolbårne) smitstoffer, som kan medføre luftvejssygdomme, hvis de inhaleres. Det er usikkert om sundhedsrisici ved andre former for kontakt, herunder hudkontakt og oral indtagelse i forhold til børn, øges ved anvendelse af gråt spildevand til toiletskyl. Blandt disse er ***Legionella*** bakterier især relevante p.g.a. et ofte alvorligt sygdomsforløb. Det er uvist om ***Legionella*** kan opformeres i beholdere til opsamling og lagring af såvel ubehandlet som behandlet gråt spildevand. Analyser for *Legionella* indgik ikke i måleprogrammets trin 1, men foreslås som parameter i måleprogrammets trin 2.

Der findes i litteraturen yderst få eksempler på luftbåren smitte med smitstoffer af fækal oprindelse, eg. bakterier og parasitter. Luftbåren smitte med mavetarmsmitstoffer, eksempelvis ***Campylobacter***, vurderes således at udgøre en yderst ringe risiko ved anvendelse af gråt spildevand til toiletskyl. Sundhedsrisici for brugere og eventuel risiko for forurening med fækale smitstoffer ved anvendelse af toiletter, som skylles med gråt spildevand,

vurderes ikke større end ved "normalsituationen" hvor der skylles med drikkevand.

Mikrobiologiske analyser for eksempelvis fækale indikatororganismer og kimaltal ved 22 og 37°C vil primært skulle udføres til vurdering af behandlingseffekten, f.eks. biologisk filtrering, og eventuelle opformeringer i opbevaringsbeholdere før og efter behandling (herunder også desinfektion). Det foreslås endvidere, at der analyseres for *Clostridium perfringens*, herunder sporer, idet *Cl. perfringens* er sporedanner og derfor kan overleve længere end de fleste andre mikroorganismer. Sporerne fra *C. perfringens* vil således kunne bruges som en indikator på kumulativ forurening. Bestemmelse af antal *Cl. perfringens* sporer vil desuden kunne benyttes som en indikator for effektiviteten af forskellige desinfektions- og behandlingsmetoder grundet sporenes relative høje grad af resistens.

Parameteren *Staphylococcus aureus* er medtaget som en repræsentant for Gram-positive bakterier, idet bakterien er en naturlig del af menneskets hudflora, ligesom den er en vigtig årsag til mavetarm- og andre infektioner. *Aeromonas hydrophila* og *Pseudomonas aeruginosa* er medtaget i forslaget til mikrobiologiske parametre. *A. hydrophila* forekommer normalt i miljøet, herunder i vand, hvor indtagelse af forurenede drikkevand eller direkte kontakt med vand, f.eks. badning, kan give infektioner hos mennesker. *P. aeruginosa* er udbredt i omgivelserne, ofte i jord og vand. *P. aeruginosa* kan give anledninger til infektioner såsom sår og øreinfektioner, dog særligt hos svækkede personer.

Tabel 2b. Forslag til mikrobiologiske parametre i trin 2.

Parameter		Prøveudtagningssted*		
		1	2	3
Indikatorbakterier	<i>Clostridium perfringens</i> (DS2256), inklusiv sporer	X		X
	Enterokokker ISO/DIS 7899/2 (membranfiltrering)	X	X	X
	Kimaltal ved 22°C (DS/EN 622/1; 10/100ml)	X	X	X
		X		X
	Kimaltal ved 37°C, blodagar, incl. antal hæmolytiske (DS 221/1; 10/100ml)			
Parasitter	Ingen			
Virus	Ingen			
Særlige bakterier	Koagulase-positive stafylokokker (NMKL 66-3; trin 1+2)	X		X
	<i>Aeromonas hydrophila</i> (NMKL 150-2; 10ml; trin 1+2)	X		X
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (DS 268/1; 10/100ml; trin 1+2)	X		X
	<i>Legionella</i> (DS/F 39737, år 2000; trin 1+2)	X		X

* Prøveudtagningssted

1. Indløbet til opsamlingstanken (direkte fra faldstammen)
2. Udløbet fra filter nr.
3. Udløbet fra buffertanken (direkte fra buffertanken)

Der foreslås ikke generelt analyseret for parasitære smitstoffer til vurdering af behandling af gråt spildevand, da der kun syntes at være begrænset laboratoriekapacitet til at udfører sådanne analyser. Dog vil det kunne være relevant at lave forskellige screeningsanalyser for parasitære smitstoffer, herunder protozoer, i såvel ubehandlede som behandlede spildevandsprøver til fastlæggelse af effekt af forskellige spildevandsbehandlingsmetoder. Der syntes i øjeblikket ikke at være kapacitet ved danske laboratorier til at udføre analyser for virus, hvorfor sådanne undersøgelser ikke kan gennemføres.

Tabel 2b giver en oversigt over samtlige mikrobiologiske parametre, som foreslås at indgå i måleprogrammet.

4.3 Forslag til prøveudtagningsprogram

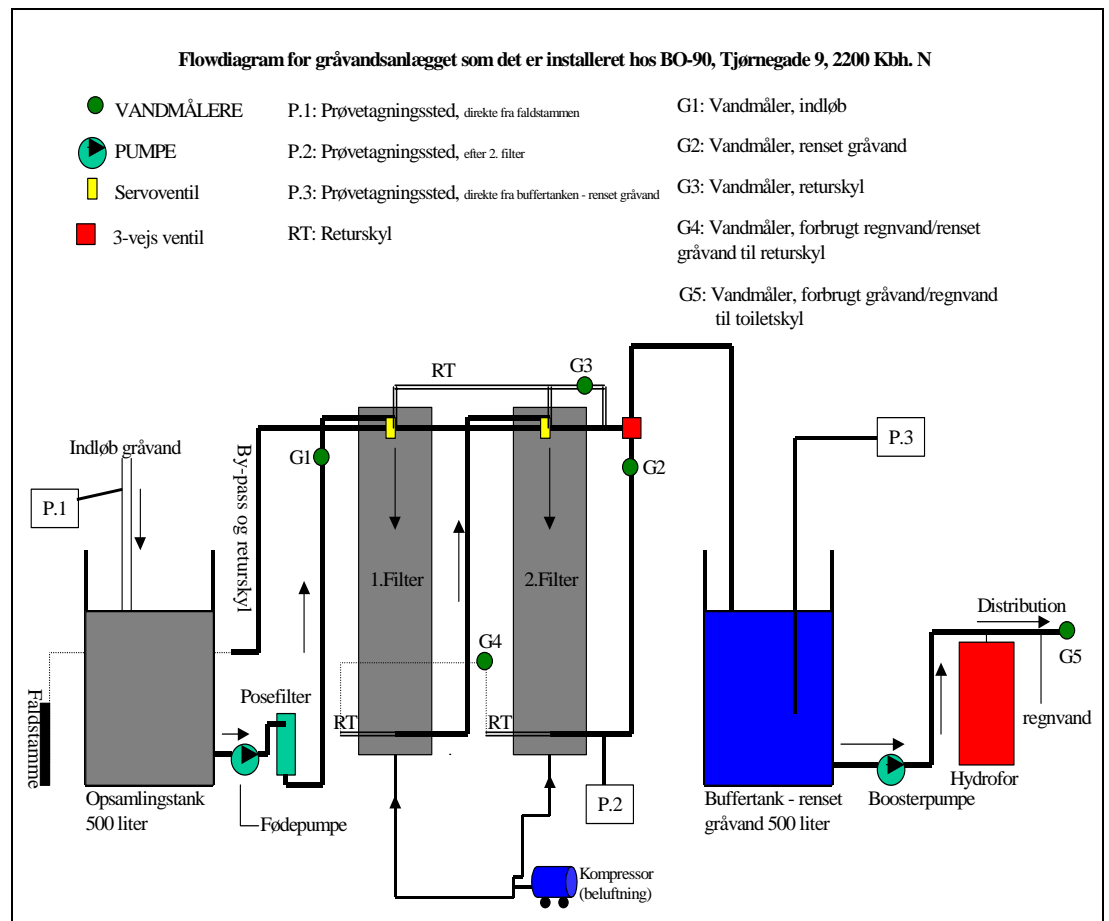
Analysepakke 2a (tabel 2a); målinger vil blive foretaget på prøver, der udtages ved indløbet til opsamlingsbeholderen (prøveudtagningssted 1; Figur 1) og i udløbet fra bio/sandfiltrene (prøveudtagningssted 2), med det formål at dokumentere filtrenes rensesgrad samt den biologiske aktivitet i filtrene.

Analysepakke 2b (tabel 2b); målinger vil blive foretaget på prøver, udtaget de samme steder som for analysepakke 2a, med det formål at dokumentere filtrenes rensesgrad. Men med et reduceret måleprogram, dvs. der bliver kun undersøgt for Enterokokker og Kimtal ved 37°C (Tabel 2b) i prøver fra udtagningssted 2.

For at kunne vurdere de sundhedsmæssige risici og for at dokumentere eventuel opformering af mikroorganismer ved lagring af det rensede gråvand, vil der også blive foretaget analyser på prøver, der udtages ved udløbet fra buffertanken (lagertank) der er placeret efter bio/sandfiltrene (prøveudtagningssted 3).

Prøverne vil blive udtaget med følgende frekvens:

- a) Døgnprøver, prøvetagningsfrekvens en gang per døgn i 2 uger, totalt 14 prøver.
- b) Ugeprøver, prøvetagningsfrekvens en gang per uge i 2 måneder, totalt 10 prøver.
- c) Intens prøveudtagning når en forandring i aktiviteten i biofiltrene kan observeres.



Figur 1: Flowdiagram over gråvandsanlægget hos BO-90.

5. Prøveudtagning og analyser

Prøveudtagningen og udførelse af de kemiske og mikrobiologiske analyser skal udføres af et akkrediteret miljølaboratorium, der kan accepteres af Miljøstyrelsen.

Prøveudtagningen og udførelse af analyser til vurdering af den biologiske aktivitet i biofiltrene udføres af M&R/DTU. Udtagningen af prøver fra prøveudtagningssted 2 og udførelse af analyser, som har til formål at evaluere renseeffektiviteten i filtrene, forerretages af IVM/KVL. Anledningen er, at prøveudtagningsfrekvensen da kan intensiveres, hvis der observeres en forandring i den biologiske aktivitet i biofiltrene.

6. Afrapportering og vurdering af resultater fra analysepakke 2a og 2b

M&R/DTU opsamler analysedata, og M&R/DTU samt IVM/KVL vurderer resultaterne og afrapporterer disse til Miljøstyrelsen og projektlederen for BO-90-projektet.

7. Referencer

Ledin, A., Eriksson, E. and Henze, H. (2001). Aspects of groundwater recharge using grey wastewater. In P. Lens and G. Lettinga; Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation, IWA Publishing.

Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. og Ledin, A. (2002) Characteristics of grey wastewater. Urban Water 4 (1): 85-104.

Københavns Vand, 2000. Personlig kontakt med Maj-Britt Bøgeløv Poulsen
Data fra løbende kontrol af en taphane på ledningsnettet det forsyner BO-90.

Bilag F: Inventering: Registrerede persontimer og aktiviteter

Af hensyn til bevarelsen af anonymitet er lejlighederne nummereret vilkårligt.

Persontimer:

Inventeringsperiode:

Start: 02.08.00

Slut: 09.08.00

Ingen besvarelser fra: 1 og 11

Lejlighed nr. 2

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	24
Torsdag	22
Fredag	15
Lørdag	0
Søndag	2
Mandag	24
Tirsdag	24
Onsdag (indtil kl. 8:00)	8

Lejlighed nr. 3

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	37
Torsdag	64
Fredag	66½
Lørdag	74
Søndag	88
Mandag	73
Tirsdag	59
Onsdag (indtil kl. 8:00)	32

Lejlighed nr. 4

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	21
Torsdag	21
Fredag	21
Lørdag	20
Søndag	23

Mandag	21
Tirsdag	19
Onsdag (indtil kl. 8:00)	4

Lejlighed nr. 5

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	4
Torsdag	13
Fredag	14
Lørdag	13
Søndag	12
Mandag	17
Tirsdag	15
Onsdag (indtil kl. 8:00)	8

Lejlighed nr. 6

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	22
Torsdag	34
Fredag	1
Lørdag	0
Søndag	38
Mandag	79
Tirsdag	52
Onsdag (indtil kl. 8:00)	32

Lejlighed nr. 7

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	12
Torsdag	14
Fredag	11
Lørdag	10
Søndag	16
Mandag	13
Tirsdag	14
Onsdag (indtil kl. 8:00)	8

Lejlighed nr. 8

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	28½
Torsdag	35
Fredag	16½
Lørdag	11
Søndag	12

Mandag	40
Tirsdag	47
Onsdag (indtil kl. 8:00)	24

Lejlighed nr. 9

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	18
Torsdag	51½
Fredag	54½
Lørdag	68½
Søndag	57
Mandag	55½
Tirsdag	53½
Onsdag (indtil kl. 8:00)	24

Lejlighed nr. 10

Ugedag	Antal persontimer i alt for lejlighedens beboer
Onsdag (fra kl. 8:00)	4
Torsdag	18
Fredag	18
Lørdag	0
Søndag	12
Mandag	36 (samt gæster et par timer)
Tirsdag	39
Onsdag (indtil kl. 8:00)	32

Aktivitetsskemaer:
 Inventeringsperiode:
 Start: 02.08.00
 Slut: 09.08.00
 Ingen besvarelser fra: 1, 10 og 11

Lejlighed nr. 2

Aktiviteter	Udført antal gange
Tandbørstning	8
Vask af hænder uden sæbe	18
Vask af hænder med sæbe	9
Hårvask i håndvasken	0
Brusebad	3
Barbering i håndvask/bruseren	0
Vask af ansigt	0
Brugt rengøringsvand *	0
Brugt vand til håndvask af tøj*	0
Farvning af hår eller tøj	0
Andet:	0

Lejlighed nr. 3

Aktiviteter	Udført antal gange
Tandbørstning	57
Vask af hænder uden sæbe	9
Vask af hænder med sæbe	150
Hårvask i håndvasken	0
Brusebad	16
Barbering i håndvask/bruseren	7
Vask af ansigt	1
Brugt rengøringsvand *	4
Brugt vand til håndvask af tøj*	0
Farvning af hår eller tøj	0
Andet:	4

Lejlighed nr. 4

Aktiviteter	Udført antal gange
Tandbørstning	14
Vask af hænder uden sæbe	11
Vask af hænder med sæbe <i>samt etagevask</i>	14
Hårvask i håndvasken	1
Brusebad	3
Barbering i håndvask/bruseren	0
Vask af ansigt	14
Brugt rengøringsvand *	1
Brugt vand til håndvask af tøj*	1
Farvning af hår eller tøj	0
Andet: <i>Rengøring af håndvask med opvaskesæbe</i>	2

Lejlighed nr. 5

Aktiviteter	Udført antal gange
Tandbørstning	14
Vask af hænder uden sæbe	18
Vask af hænder med sæbe	23
Hårvask i håndvasken	0
Brusebad	7
Barbering i håndvask/bruseren	0
Vask af ansigt	0
Brugt rengøringsvand *	0
Brugt vand til håndvask af tøj*	0
Farvning af hår eller tøj	0
Andet: <i>Rengøring af håndvask med opvaskesæbe</i>	0

Lejlighed nr. 6

Aktiviteter	Udført antal gange
Tandbørstning	19
Vask af hænder uden sæbe	7
Vask af hænder med sæbe	35
Hårvask i håndvasken	0
Brusebad	8
Barbering i håndvask/bruseren	4
Vask af ansigt	6
Brugt rengøringsvand *	0
Brugt vand til håndvask af tøj*	0
Farvning af hår eller tøj	0
Andet:	0

Lejlighed nr. 7

Aktiviteter	Udført antal gange
Tandbørstning	15
Vask af hænder uden sæbe	2
Vask af hænder med sæbe	14
Hårvask i håndvasken	0
Brusebad	4
Barbering i håndvask/bruseren	0
Vask af ansigt	5
Brugt rengøringsvand *	2
Brugt vand til håndvask af tøj*	0
Farvning af hår eller tøj	0
Andet:	0

Lejlighed nr. 8

Aktiviteter	Udført antal gange
Tandbørstning	10
Vask af hænder uden sæbe	10
Vask af hænder med sæbe	18
Hårvask i håndvasken	0
Brusebad	7
Barbering i håndvask/bruseren	0
Vask af ansigt	12
Brugt rengøringsvand *	0
Brugt vand til håndvask af tøj*	0
Farvning af hår eller tøj	0
Andet:	0

Lejlighed nr. 9

Aktiviteter	Udført antal gange
Tandbørstning	22
Vask af hænder uden sæbe	45
Vask af hænder med sæbe	16
Hårvask i håndvasken	0
Brusebad	9
Barbering i håndvask/bruseren	3
Vask af ansigt	7
Brugt rengøringsvand *	0
Brugt vand til håndvask af tøj*	0
Farvning af hår eller tøj	0
Andet: <i>vask af numse</i>	6

*Disse aktiviteter er kun registret, hvis det brugte vand er hældt ud i håndvasken eller gulvafløbet.

Bilag G: Inventering: Registrering af kemikalie forbrug

Lejlighed nr. 1					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbrug [g]
1	Nivea Bath Care, Shower crème	Beiersdorf	224	217	7
2	Shampoo, Top	Dansk Supermarked A/S	238	230	8
3	Håndsæbe, LUX	Elida	28	27	1
4	Tandpasta, Colgate Total	Colgate-Palmolive	40	36	4

Lejlighed nr. 2					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbrug [g]
1	Tandpasta, Sensodyne, Frisk mint	Stafford-Miller Ltd.	71	59	12
2	Håndsæbe, Mini Risk	FDB	85	70	15
3	Dobbelt dusch provitamin B5 shampoo, fresh	Beiersdorf	98	87	11

Lejlighed nr. 3					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbrug [g]
1	Universal rengøring, Rent Naturligt	Naturén	416	372	44
2	Shower dusch crème, Nivea bathcare	BDF, Beiersdorf	196	143	53
3	Rudevask m. salmiak, Mille Clean	Mille	431	425	6
4	Shampoo, L'oreal El'vital, Nutri-ceramide	L'oreal	286	273	13
5	Balsam, L'oreal El'vital, Nutri-ceramide	L'oreal	226	226	0
6	Tandpasta, Fluocalcin, frisk mint	Cederroth	16	90	26
7	Shampoo, Edom Dead Sea, Mineral	Importeret af Netto	77	påbegyndt en ny 38 kun emballage tilbage	39
8	Shampoo, Brændnælde	Urtekram	46	26	20
9	Old Spice shaving foam	Procter & Gamble	160	158	2
10	Håndsæbe, Aloe Vera, E-	Netto I/S	250	115	135

Lejlighed nr. 4					
Produk t nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbru g [g]
1	Håndsæbe, mandel	Urtekram	37	21	16
2	Kalkfjerner, Bluecare	FDB	852	835	17
3	Bodyshampoo, Keminus	Irma	523	520	3
4	Mini Risk, specialsæbe	FDB	226	218	8
5	Kaprifolium shampoo, Matas Natur	Matas	131	122	9
6	Lavendel shampoo	Urtekram	63	63	0
7	Tusindefynd opvaskemiddel, fortyndet 1:1	Irma	143	135	8
8	Colgate Whitening tandpasta	Colgate- Palmolive	84	76	8
9	Naturlig jojoba sollotion faktor 8	Römer produkt	*	~	~

* var ikke med den 2/8, da vejning og registrering blev foretaget.

Lejlighed nr. 5					
Produk t nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbru g [g]
1	Shampoo, Kamille	Urtekram	435	416	19
2	Tandpasta, Fluocalcin, frisk mint	Cederrot	67	59	8
3	Håndsæbe, Cusson	Cusson House, England	119	115	4
4	Deodorant stick, Emporio Armani	Armani, Frankrig	149	148	1

Lejlighed nr. 6*					
Produk t nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbru g [g]
1	Baber gel, Sanex	Blumøller A/S	237	232	5
2	Tandpasta, Zendium	AB	38	30	8
3	Denivit Tandrens	Fenom/ADACO Schwarzkopf & Henkel	41	38	3
4	Tandpasta, Zendium	Blumøller A/S	60	58	2
5	Sæbespåner, Urtekram	Urtekram	374	374	0
6	Shampoo, VO5	Cederrotha A/S	101	91	10
7	Mini Risk Dusch	FDB	329	320	9
8	Shampoo, Rasul	Urtekram	70	63	7
9	Shampoo, Brændnælde	Urtekram	36	36	0
10	Shampoo, Brændnælde	Urtekram	59	49	10
11	Håndsæbe, Mini Risk	FDB	44	36	8

Det bemærkes at der er blevet gennemført en aflusningskur i lejligheden i inventeringsperioden. Derfor er der blevet tilført stoffer fra den anvendte

lusebalsam til badevandet i inventeringsperioden. En sådan balsam indeholder bl.a. Malathion

Lejlighed nr. 7					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbrug [g]
1	ECOVER, Liquid Floor Soap	ECOVER	1004	1004	0
2	All rengøring	ECOVER	411	411	0
3	Kalkfjerner	FDB	639	635	4
4	Håndsæbe, Keminus	Irma A/S	65	53	12
5	Tandpasta, Fluocalcium	Cederroth	67	58	9
6	Roll on, Keminus	Irma A/S	91	87	4
7	Shampoo, Keminus	Irma A/S	138	135	3
8	Hudcreme, Keminus	Irma A/S	223	212	11
9	Aftersun, PIZ BUIN	Johnson & Johnson GmbH	108	108	0
10	Shower gel, Luxury Apropro	House of Gosh	261	261	0
11	Shampoo, Natusan pH 5,5	Johnson & Johnson GmbH	75	60	5
12	Deodorant, Boss	Eurocos	72	67	5

Lejlighed nr. 8					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbrug [g]
1	Håndsæbe, Urtekram	Urtekram	60	59	1
2	Tandpasta, Colgate, Super star	Colgate-Palmolive	116	111	5
3	Tandpasta, Zendium, frisk mint	Jensen & Co. A/S	66	62	4
4	Balsam, Welle m. frugt voks	Wella AG. Tyskland	110	87	23
5	Konc. Rengøringsmiddel, Bluecare	FDB	286	269	17
6	Hårlack, L'oreal FX Studio, super strong	L'oreal	120	101	19
7	Veet, hårfjerningsmiddel	Reckitt & Colman, Frankrig	76	76	0
8	Skurecreme, ECOVER	Ecover	354	354	0
9	Shampoo m. morgenfruer, Urtekram	Urtekram	337	299	38
10	Garnier, Synergie, Pure Sebum, moisteriser m. zink og ler	Laboratoires Garnier	83	82	1
11	Garnier, Synergie, Pure Sebum, deep por wash	Laboratoires Garnier	161	129	32

Lejlighed nr. 9					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbrug [g]
1	Balsam m. keratin og jojoba	Matas	208	197	11
2	Shampoo, uparfumeret	FDB	291	247	44
3	Balsam m. keratin og jojoba	Matas	256	223	33
4	Body shampoo, Cosmea	Nycomed	149	149	0
5	Tandpasta, Zendium	Jensen & Co. A/S	62	51	11
6	Tandpasta, Colgate, My first	Colgate-Palmolive	67	67	0
7	Tandpasta, Zendium, Første tand	Blumøller A/S	44	44	0
8	Tandpasta, Aquafresh, Mælketand	Smith Kline Beecham	76	73	3
9	Baberskum	F-gruppen, Albertslund	71	65	6
10	Babybade olie m. aloe vera	Mellisa	215	215	0
11	Handsæbe, Melos pflanzenöl Ringelblume	Walter Rau Speickwerk	98	90	8
12	Handsæbe, Natusan babysæbe	Johnson & Johnson	8	6	2

Lejlighed nr. 10					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbrug [g]
1	Shampoo, Brændnælde	Urtekram	168	152	16
2	Shampoo, Tidsel Tisel	Urtekram	137	123	14
3	Specialsæbe til sart hud, Vivag	Pharma Vinci AS	156	153	3
4	Tandpasta, Colgate Fluor	Colgate-Palmolive A/S	87	74	13
5	Shampoo, Swiss formula, Aloe vera	St. Ives	521	471	50
6	Tandpasta, Zendium	Blumøller A/S	70	55	15
7	Balsam, Mini Risk	FDB	183	180	3
8	Satin care, Shave Gel Gillette for women	Espoo-Esbo	171	171	0
9	Balsam, Pantene Pro-V, Normalt Hår	Procter & Gamble	117	112	5
10	Baberstift, Palmolive for men, classic	Colgate-Palmolive A/S, Tyskland	24	18	6
11	Mandel håndsæbe, Irma	Irma A/S, import fra Sverige	100	68	32
12	Universal rengøring, Rent naturligt	Naturén	800	800	0

Lejlighed nr. 11					
Produkt nr.	Produktnavn	Producent	Vægt den 2/8 [g]	Vægt den 9/8 [g]	Forbrug g [g]
1	Rose shampoo	Urtekram	64	59	5
2	SP daily balancing conditioner	Espoo, Wella	144	128	16
3	SP kreatin shampoo	Espoo, Wella	158	129	29
4	St. Ives collagen elastin	St. Ives	259	236	23

Produktgruppe	Forbrugt (g pr. uge)	Forbrug (kg/uge)	Forbrug (kg/år)	Forbrug (kg/år/person)	En families forbrug (kg/år)
Shampoo	353	0,353	18,4	0,61	2,45
Balsam	91	0,091	4,7	0,16	0,63
Sæbe	245	0,245	12,7	0,42	1,70
Shower dusch crème	62	0,062	3,2	0,11	0,43
Tandpasta	128	0,128	6,7	0,22	0,89
Tandrens	3	0,003	0,2	0,01	0,02
Rengøring	61	0,061	3,2	0,11	0,42
Crème	74	0,074	3,8	0,13	0,51
Barberskum	13	0,013	0,7	0,02	0,09
Roll-on	11	0,011	0,6	0,02	0,08
Deodorant	5	0,005	0,3	0,01	0,03
Kalkfjerner	21	0,021	1,1	0,04	0,15
Rudevask	6	0,006	0,3	0,01	0,04
Opvaskemiddel	8	0,008	0,4	0,01	0,06
Hårlak	19	0,019	1,0	0,03	0,13

Bilag H: Stoffer registreret under inventeringen

Det fremgår af listen, hvilke stoffer der blev identificeret ved inventeringen hos BO-90. Ligeledes fremgår det hvilke stofgrupper stofferne tilhører, samt antallet af observationer (antal produkter) gjort ved inventeringen hos BO-90. Listen er rangordnet efter antallet af observationer ved inventeringen.

Stof	Antal observationer	Stofgrupper
Citronsyre	32	Blødgørere
Glycerin	31	Emulgatorer
Parfume	30	Parfume
Natriumchlorid	19	Uorganiske
Methylparaben	15	Konserveringsmidler
Natriumlaurethsulfat	14	Anioniske detergenter
Aroma	12	Duft- og smagsstoffer
Phenoxyethanol	12	Konserveringsmidler
Sorbitol	12	Emulgatorer
Natriumbenzoat	11	Konserveringsmidler
Cocamidpropylbetain	10	Amfotere detergenter
Natriumfluorid	10	Uorganiske
Propylparaben	10	Konserveringsmidler
Havsalt (natriumchlorid)	9	Uorganiske
Kokosolie, forsæbet	9	Andre stoffer
Natriumsaccharin	9	Andre stoffer
Titaniumdioxid (CI 77891)	9	Farvestoffer
Dinatriumfosfat	8	Uorganiske
Silica, hydreret	8	Uorganiske
Tetranatrium EDTA	8	Blødgørere
Ethylparaben	7	Konserveringsmidler
Natriumlaurylsulfat	7	Anioniske tensider
Panthenol	7	Anioniske/Fedtsyresæber Nonioniske tensider & Opløsningsmidler
Propylenglycol	7	
Cetearylalkohol	6	Emulgatorer
Cocamid DEA	6	Kationiske tensider
Majsglucose	6	Andre stoffer
Natriummonofluorfosfat	6	Andre stoffer
Natriumtalgsæbe	6	Anioniske detergenter
PEG-7-glycerylcocaoat	6	Nonioniske tensider
Amyloglucosidase	5	Enzym
Butylparaben	5	Konserveringsmidler
Cetyl acetat	5	Andre stoffer

Glucoseoxidase	5	Enzym
Kaliumthiocyanat	5	Uorganiske
Lactoperoxidase	5	Enzym
Methyldibrom glutaronitril	5	Andre stoffer
Natriumcitrat	5	Konserveringsmidler
Silica	5	Uorganiske
Steareth-30	5	Andre stoffer
Tetranatriumetidronat	5	Andre stoffer
Triethanolamin	5	Opløsningsmidler
Carrageenan	4	Andre stoffer
Cetrimoniumchlorid	4	Andre stoffer
Cetylalkohol	4	Emulgatorer
Dimethicon	4	Emulgatorer
Hydroxyethylcellulose	4	Andre stoffer
Isobutylparaben	4	Konserveringsmidler
Mælkesyre	4	Andre stoffer
Natiumpalmkernesæbe	4	Anioniske detergenter
Polyquarternium-10	4	Kationiske tensider
Xanthan gummi	4	Emulgatorer
Acetyleret lanolin alkohol	3	Andre stoffer
Alkohol, denatureret	3	Andre stoffer
Alkylpolyglycosid	3	Nonioniske tensider
Aloe Barbadensis (aloe vera)	3	Duft- og smagsstoffer
Bruxus Chinensis	3	Andre stoffer
Brændenældeekstrakt	3	Andre stoffer
Brændenældeolie	3	Andre stoffer
Calciumcarbonat	3	Andre stoffer
Carboxymethylcellulose	3	Andre stoffer
CI 42090	3	Farvestoffer
CI 47005	3	Farvestoffer
DMDM-hydantoin	3	Konserveringsmidler
Fedtalkoholethoxylat-9	3	nonioniske tensider
Glycerin, vegetabilsk	3	Emulgatorer
Guarhydroxypropyltrimoniumchlorid	3	Andre stoffer
Isobutan	3	Opløsningsmidler
Marcussen nr. 245	3	Andre stoffer
Natriumsalicylat	3	Konserveringsmidler
Polyquarternium-7	3	Kationiske tensider
Stearic acid (en fedtsyre)	3	Andre stoffer
Tocopheryl acetat (vitamin E)	3	Andre stoffer
Triclosan	3	Konserveringsmidler
Æterisk kamille	3	Duft- og smagsstoffer
Acrylatcrosspolymer	2	Andre stoffer
Acrylater	2	Andre stoffer
Anioniske tensider	2	Anioniske tensider
Butan	2	opløsningsmidler
Cellulose gummi	2	Andre stoffer
CI 11680	2	Farvestoffer
CI 19140	2	Farvestoffer
CI 74260	2	Farvestoffer

Dinatriumcocoamphodiacetat	2	Andre stoffer
EDTA	2	Blødgørere
Glycerol	2	Opløsningsmidler
Glyceryllaurat	2	Emulgatorer
Glycerylstearat	2	Emulgatorer
Glycol distearat	2	Nonioniske tensider
Hydrogeneret keatin	2	Andre stoffer
Isopropylalkohol	2	Andre stoffer
Kaliumstearat	2	Andre stoffer
Laureth-4	2	Andre stoffer
Laurylpolyglucose	2	Andre stoffer
Lecithin	2	Emulgatorer
Mandelolie	2	Andre stoffer
Methylchlorisothiazolinon	2	Konserveringsmidler
Methylisothiazolin	2	Andre stoffer
Mineralolie	2	Andre stoffer
Natrium palmat	2	Andre stoffer
Natriumcarbonat	2	Andre stoffer
Natriumcocoyleglutamat	2	Andre stoffer
Natriumkokossæbe	2	Anioniske detergenter
Natriumlactat	2	Anioniske/fedtsyrersæber
Niacinamid	2	Andre stoffer
Palmesyre	2	Andre stoffer
PEG-12	2	Nonioniske tensider
PEG-20 stearat	2	Nonioniske tensider
PEG-200 hydrogeneret glyceryl palmat	2	Nonioniske tensider
PEG-40 hydrogeneret castor oil	2	Nonioniske tensider
Pentanatriumpentetat	2	Andre stoffer
Polysorbat-80	2	Emulgatorer
Propan	2	Opløsningsmidler
Retinyl Palmitat (Vitamin A)	2	Andre stoffer
Rosemarinus officinalis (rosemary extract)	2	Duft- og smagsstoffer
TEA-laurylsulfat	2	Andre stoffer
Tensider	2	Tensider
Tritium Vulgar (Wheatgerm oil)	2	Duft- og smagsstoffer
Xylitol	2	Andre stoffer
Acrylamid	1	Andre stoffer
Aesculus Hipocastanum	1	Andre stoffer
Allantoin	1	Andre stoffer
Aluminiumchlorhydrat	1	Andre stoffer
Aminomethylpropanol	1	Andre stoffer
Ammoniak	1	Uorganiske
Ananas Sativus	1	Duft- og smagsstoffer
Benzophone-3	1	UV-filtre
Benzophonon-4	1	UV-filtre
BHT	1	Konserveringsmidler
Bisabolol	1	Duft- og smagsstoffer
BTH	1	se BHT
Butylglycol	1	opløsningsmidler
Calciumglycerofosfat	1	Andre stoffer

Calendula officinalis	1	Duft- og smagsstoffer
Camfor	1	Duft- og smagsstoffer / UV-filtre
Carbomer	1	Emulgatorer
Castor olie, hydrogeneret	1	Andre stoffer
Chamo Milla Recutita (Matri Caria ekstrakt)	1	Andre stoffer
Chlorid	1	Andre stoffer
CI 15510	1	Farvestoffer
CI 15985	1	Farvestoffer
CI 16255	1	Farvestoffer
CI 20170	1	Farvestoffer
CI 61585	1	Farvestoffer
CI 77220	1	Farvestoffer
CI 77491	1	Farvestoffer
CI 77492	1	Farvestoffer
Citrus aurantiumbergamia	1	Duft- og smagsstoffer
Citrus aurantiumdulcis frøekstrakt	1	Duft- og smagsstoffer
Citrus Dulcis	1	Duft- og smagsstoffer
Citrusnobilis (citrus kerneekstrakt)	1	Duft- og smagsstoffer
Cocamid MIPA	1	Kationiske tensider
Cocobetain	1	Andre stoffer
Cociminodipropionat	1	Andre stoffer
Collagen, opløseligt	1	Andre stoffer
Copolymer	1	Andre stoffer
Cucuneis sativus (cucumber extract)	1	Duft- og smagsstoffer
Decylglucosid	1	Andre stoffer
Dimethicon copolyol	1	Andre stoffer
Dinatrium EDTA	1	Blødgørere
Dinatrium laurethsulfosuccinat	1	Anioniske detergenter
Dinatriumcocoylglutamat	1	Andre stoffer
Dinatriumlauroamphodiacetat	1	Andre stoffer
Elaeis Guineesis	1	Andre stoffer
Elastin, hydrolyseret	1	Andre stoffer
Equisetum Arvense (Horsetail extract)	1	Duft- og smagsstoffer opløsningsmidler and preservatives
Ethanol	1	Farvestoffer
Farve	1	Farvestoffer
Fedtsyre C12 (Lauric acid)	1	Anioniske/fedtsyrersæber
Glyceryl Stearat SE	1	Emulgatorer
Glycine soja	1	Andre stoffer
Glycol stearat	1	Nonioniske tensider
Hydrogeneret hvedeprotein	1	Andre stoffer
Hydroxypropyl guarhydroxypolytrimonium	1	Andre stoffer
Hydroxypropylmethylcellulose	1	Andre stoffer
Hydroxystearylcetyleter	1	Andre stoffer
Imidazolidinyl urea	1	Konserveringsmidler
Iodopropylbutylcabamat	1	Andre stoffer
Isoamyl	1	Duft- og smagsstoffer
Isopentan	1	Opløsningsmidler
Isopropyl Myristat	1	Andre stoffer
Jajoba estere (jojobaolie)	1	Andre stoffer

Kaliumnitrat	1	Uorganiske
Kaliumpalmitat	1	Andre stoffer
Kaliumsorbit	1	Konserveringsmidler
Kamilleblomst vandekstrakt	1	Duft- og smagsstoffer
Kamilleolie	1	Andre stoffer
Kreatin, hydrolyseret	1	Andre stoffer
Lamium Album (White nettle extract)	1	Duft- og smagsstoffer
Lanolenic acid	1	Andre stoffer
Lanolin	1	Emulgatorer
Laureth-23	1	Andre stoffer
Laureth-7	1	Andre stoffer
Lauric acid (en fedtsyre)	1	Andre stoffer
Laurylbetain	1	Andre stoffer
Laurylglycosid	1	Andre stoffer
Laurylmethylgluceth-10-hydroxypropyldimoniumchlorid	1	Andre stoffer
Ler	1	Uorganiske
Lonicea Caprifolium	1	Duft- og smagsstoffer
Magnesiumaluminiumsilicat	1	Uorganiske
Magnesiumchlorid	1	Uorganiske
Magnesiumnitrat	1	Uorganiske
Marissal (Dead Sea Salts)	1	Uorganiske
MEA-laurylsulfat	1	Andre stoffer
Mononatriumfosfat	1	Uorganiske
Morgenfruevandekstrakt	1	Andre stoffer
Myristic acid	1	Andre stoffer
Mælkeprotein (hydrolyseret)	1	Andre stoffer
Nasturtium Officinale (Water Cress extract)	1	Duft- og smagsstoffer
Natrium C12-13 Parethsulfat	1	Anioniske tensider
Natrium format	1	Andre stoffer
Natrium palmat/palmkerneolie	1	Andre stoffer
Natrium PCA	1	Andre stoffer
Natriumcetearylsulfat	1	Anioniske tensider
Natriumfluorofosfat	1	Uorganiske
Natriumhydroxid	1	Uorganiske
Natriumlaureth	1	Anioniske/Fedtsyresæber
Natriumlaureth-11 carboxylat	1	Andre stoffer
Natriumlaureth-14 carboxylat	1	Andre stoffer
Natriumlaurylsarcosinat	1	Andre stoffer
Natriumlaurylethersulfat	1	Anioniske tensider
Natriummethidronat	1	Andre stoffer
Natriumoleat	1	Andre stoffer
Natriumricinoleat	1	Andre stoffer
Natriumrosinat	1	Andre stoffer
Natriumstearat	1	Andre stoffer
Natriumstyren/acrylat copolymer	1	Andre stoffer
Nonioniske tensider	1	Nonioniske tensider
Octyldodecanol	1	Andre stoffer
Olea Europaea	1	Andre stoffer
Oleic acid	1	Andre stoffer

PABA	1	UV-filtre
Palmkerne syre	1	Andre stoffer
Panthenylethylether	1	Andre stoffer
Paraffinum	1	Andre stoffer
Passiflora Incarnata	1	Andre stoffer
PEG-150 distearat	1	Nonioniske tensider
PEG-3 distearat	1	Nonioniske tensider
PEG-4 Raspeseedanid	1	Nonioniske tensider
PEG-40	1	Nonioniske tensider
PEG-40 hydrogeneret	1	Nonioniske tensider
PEG-60 hydrogeneret castor oil	1	Nonioniske tensider
PEG-8	1	Nonioniske tensider
Pentan	1	Opløsningsmidler
Persea Gratissima	1	Andre stoffer
Phytantriol	1	Andre stoffer
Polyethylen	1	Andre stoffer
Polyquarternium-16	1	Kationiske tensider
Polysorbat 20	1	Duft- og smagsstoffer
Polysorbat-60	1	Duft- og smagsstoffer
PPG-3-methylether	1	Nonioniske tensider
Propyl gallat	1	Duft- og smagsstoffer
Prunus Armeniaca (abrikosolie)	1	Duft- og smagsstoffer
PVP/dimethylaminoethylmethacrylat copolymer	1	Andre stoffer
Pynus Malus	1	Andre stoffer
Quarternium-18	1	Kationiske tensider
Rasul (afrikansk jordsæbe)	1	Duft- og smagsstoffer
Rosegerolumolle	1	Andre stoffer
Rosejasminblomst, vand ekstrakt	1	Duft- og smagsstoffer
Rosmarinolie	1	Duft- og smagsstoffer
Salicylsyre	1	Konserveringsmidler
Salvia Officinalis (Sage extract)	1	Duft- og smagsstoffer
Sambucus Nigra	1	Duft- og smagsstoffer
SD alkohol 39-C	1	Andre stoffer
Solum Diatomea	1	Andre stoffer
Sorbitan Palmitat	1	Emulgatorer
Spiraea Ulmaria	1	Andre stoffer
Stearamidopropyldimethylamin	1	Andre stoffer
Steareth-100	1	Andre stoffer
Stearylalkohol	1	Andre stoffer
Tallow syre	1	Andre stoffer
Tetranatriumpyrofosfat	1	Andre stoffer
Tilia Vulgaris	1	Andre stoffer
Timian	1	Duft- og smagsstoffer
T-methoxycinnamat (kanelsyreester)	1	Duft- og smagsstoffer
Trideceth-7	1	Andre stoffer
Triethylcitrat	1	Andre stoffer
Trinatriumfosfat	1	Uorganiske
Urteekstrakt	1	Duft- og smagsstoffer
Viola tricolor (Pansy extract)	1	Duft- og smagsstoffer

Vitis Vinifera	1	Duft- og smagsstoffer
Zink	1	Uorganiske
Zink PCA	1	Andre stoffer
Æsterisk cypresolie	1	Duft- og smagsstoffer
Æsterisk egebark	1	Duft- og smagsstoffer
Æsterisk marokkansk mynteolie	1	Duft- og smagsstoffer
Æsteriske olier	1	Duft- og smagsstoffer
2-Oleamido-1,3-octadecandiol	0	Andre stoffer
Natriummethylparben	0	Konserveringsmidler
Quarternium-80	0	Kationiske tensider

Bilag I: Sammenstilling af mikrobiologiske data fra Måleprogrammet Trin 2

Tabel I.1. Enhed, detektionsgrænse og analysemetode for de mikrobiologiske parametre.

Parameter	Enhed	Detektionsgrænse
Kimtal 22 C	pr. ml (gram)	<1
Kimtal 37 C	pr. ml	<1
Hæm. Kimtal (37 C)	pr. ml	<1
Aeromonas, bev.	pr. ml	<1
Enterokokker	pr. ml (gram)	<10
Cl. perfringens	pr. ml (gram)	<10
Cl. perfringens sporer	pr. ml (gram)	<10
Legionella	pr. liter	<100
Legionella, serogruppe		
Pseud. Aeruginosa	pr. ml (gram)	<10
Staph., koag. Pos.	pr. ml (gram)	<100
Temperatur v/udtagning	C	
Turbiditet	FTU	
pH		
Sted 2		
Kimtal 37 C	pr. ml	<1
Hæm. Kimtal (37 C)	pr. ml	<1
Enterokokker	pr. ml (gram)	<10
Temperatur v/udtagning	C	
Turbiditet	FTU	
pH		
Sted 3		
Kimtal 22 C	pr. ml (gram)	<1
Kimtal 37 C	pr. ml	<1
Hæm. Kimtal (37 C)	pr. ml	<1
Aeromonas, bev.	pr. ml	<1
Enterokokker	pr. ml (gram)	<10
Cl. perfringens	pr. ml (gram)	<10
Cl. perfringens sporer	pr. ml (gram)	<10
Legionella	pr. liter	<100
Legionella, serogruppe		
Pseud. Aeruginosa	pr. ml (gram)	<10
Staph., koag. Pos.	pr. ml (gram)	<100

Tabel I.2. Data for de mikrobiologiske parametre samt temperatur, turbiditet og pH, målt i ubehandlet, behandlet og behandlet, opbevaret gråt spildevand, på forskellige datoer

Prøvested/Parameter	24 / 01 2002	31 / 01 2002	03 / 02 2002	04 / 02 2002	05 / 02 2002	06 / 02 2002	07 / 02 2002	08 / 02 2002	09 / 02 2002	14 / 02 2002	21 / 02 2002
Sted 1											
Kimtal 22 C	520.000	1.500.000	2.900.000	430.000	2.800.000	1.800.000	1.500.000	6.300.000	250.000	1.100.000	600.000
Kimtal 37 C	84.000	350.000	3.500.000	140.000	520.000	55.000	310.000	1.400.000	47.000	220.000	340.000
Hæm. Kimtal (37 C)	320	540	36.000	1.100	54.000	900	6.300	4.500	180	810	3.300
Aeromonas, bev.	1.100	5.700	28.000	500	42.000	4.000	15.000	82.000	1.400	3.800	2.200
Enterokokker	20	40	120	10	80	20	<10	30	20	30	40
Cl. perfringens	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cl. perfringens sporer	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Legionella	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Pseud. Aeruginosa	30	110	70	<10	150	<10	30	170	<10	10	<10
Staph., koag. Pos.	<100	190	<1000	<100	<100	<100	<100	8.100	<100	<100	<100
Temperatur v/udtagning	25,2	19,3	23,7	21,6	25,5	20,2	26,9	27,2	21,0	24,3	24,7
Turbiditet	14,0	70,0	156,0	179,0	19,0	30,0	5,3	19,0	60,0	30,0	7,6
pH	8,00	7,74	7,10	7,83	8,04	7,76	8,02	7,75	7,79	7,83	7,72
Sted 2											
Kimtal 37 C	880.000	9.900	1.400.000	6.500.000	2.700.000	8.700.000	2.600.000	9.100.000	660.000	2.400.000	25.000
Hæm. Kimtal (37 C)	200	450	190.000	<10000	120.000	100.000	45	630	2.100	36	500
Enterokokker	20	<10	150	540	320	220	250	200	40	<10	<10
Temperatur v/udtagning	22,3	20,3	23,3	23,6	22,5	23,5	23,8	22,7	23,6	22,7	20,6
Turbiditet	2,4	44,0	2,0	5,3	5,0	16,0	3,6	5,3	16,0	1,7	1,4
pH	7,42	5,95	7,02	7,19	6,71	7,09	7,12	7,19	6,85	7,15	7,43
Sted 3											
Kimtal 22 C	200.000	66.000	57.000	1.800.000	540.000	8.700.000	2.000.000	3.000.000	380.000	340.000	85.000
Kimtal 37 C	140.000	9.700	43.000	2.100.000	560.000	8.600.000	1.700.000	2.200.000	550.000	350.000	130.000
Hæm. Kimtal (37 C)	230	270	360	<10000	200.000	200.000	270	360	3.200	450	5.300
Aeromonas, bev.	43	<10	3.000	130.000	130.000	230.000	24.000	8.000	1.100	3.600	250
Enterokokker	10	<10	20	250	120	200	90	70	10	<10	50
Cl. perfringens	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cl. perfringens sporer	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Legionella	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Pseud. Aeruginosa	<10	<10	10	60	20	30	<10	10	10	<10	<10
Staph., koag. Pos.	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Temperatur v/udtagning	22	21	23	25	22	22	23	22	23	22	21
Turbiditet	1,2	7,6	4,0	8,3	6,0	6,0	2,6	3,6	3,5	3,6	2,4
pH	7,61	7,45	7,30	7,08	7,06	7,13	7,13	7,19	7,18	7,43	7,44

Bilag J: Studenterprojekter med prøvetagning ved BO-90

Projekter udført ved M&R DTU, hvor der er foretaget prøvetagning på BO-90:

Andersen, B. og Damgaard, T. BO-90 & gråt spildevand. Midtvejsprojekt, M&R DTU, juli 1999.

Auffarth, Karina P. S. Behandling af gråt spildevand. Eksamensprojekt, M&R DTU, 2000.

Christoffersen, Mai. Variationsanalyser af gråt spildevand. Eksamensprojekt, M&R DTU, 2000-2001.

Herriaiz del Olmo, Maria Elena. The effect of salt content in greywater on heavy metals accumulation in soil. Eksamensprojekt. M&R DTU, juli 2000.

Hovvang, Michael. Nedsivning af paracetamol, ibuprofen, koffein og 4-nonylphenol ethoxylat (NPEO) undersøgt ved laboratorieforsøg. Eksamensprojekt, M&R DTU, juli, 2002.

Jakobsen, Julie N. Fosforfjernelse fra gråvand fra BO-90. Eksamensprojekt. M&R DTU, august 2001.

Noheda Sahuquillo, Maria Eugenia. A comparison of chemical flocculation and sand filtration as treatment for greywater. Eksamensprojekt, M&R DTU, Juli 2000.

Smith, Morten. Rensningsmetoder for gråt spildevand – en karakteristik og analyse af 2 etablerede grävandsanlæg, februar, 2000.

Verdugo del Pozo, Marta. The effect of different types of greywater on heavy metals accumulation in soil. Eksamensprojekt. M&R DTU, juli 2000.

Vymetalova, Karla. Toxicity of water for reuse. Specialprojekt. M&R DTU, august 2001.